



ISSN 1405-0471

Madera y Bosques

Vol. 22, Núm. 1 ■ Primavera 2016 ■ Xalapa, Ver.

Vegetación leñosa en un paisaje urbano



INECOL
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.



Madera y Bosques

vol. 22 núm. 1 Primavera 2016



comité editorial

- Dr. Óscar Aguirre Calderón**
Universidad Autónoma de Nuevo León, México
- M. I. Miguel Cerón Cardeña**
Universidad Autónoma de Yucatán, México
- M.C. Mario Fuentes Salinas**
Universidad Autónoma de Chapingo, México
- Dr. Rubén F. González Laredo**
Instituto Tecnológico de Durango, México
- Dr. Raymond P. Guries.**
University of Wisconsin, EUA
- Dr. Lázaro R. Sánchez Velázquez**
Universidad Veracruzana, México
- Dr. Amador Honorato Salazar**
*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias, México*
- Dr. Ezequiel Montes Ruelas**
Universidad de Guadalajara, México
- Dr. José de Jesús Návar Cháidez**
Instituto Politécnico Nacional, Durango, México
- Dra. Carmen de la Paz Pérez Olvera**
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México.
- Dr. Hugo Ramírez Maldonado**
Universidad Autónoma de Chapingo, México
- Dra. María de los Ángeles Rechy de von Roth**
Universidad Autónoma de Nuevo León, México
- Dr. Víctor L. Barradas Miranda**
Instituto de Ecología, UNAM, México

Raymundo Dávalos Sotelo
Editor

Dr. Patrick J. Pellicane
Dr. Martín A. Mendoza Briseño
Dr. Ariel Lugo
M.C. Freddy Rojas Rodríguez
Dr. Alejandro Velázquez Martínez

Reyna Paula Zárate Morales
Producción editorial

consejo editorial

Damián Piña Bedolla
Maquetación

Gina Gallo
Diseño de portada

Madera y Bosques, Año 22, núm. 1, abril 2016, es una publicación cuatrimestral editada por el Instituto de Ecología, A.C. Carretera Antigua a Coatepec núm. 351. Col. El Haya, C.P. 91070, Tel. (228) 8421800, ext. 6106, www.inecol.mx, mabosque@inecol.mx. Editor responsable: Dr. Raymundo Dávalos Sotelo. Reserva de Derecho al Uso Exclusivo núm. 04-2012-102312120900-102, ISSN 1405-0471, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de Título núm. 12906 y Licitud de Contenido núm. 10479, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Fís. Arturo Sánchez y Gándara, Cuapinol 52, Colonia Pedregal de Santo Domingo, Delegación Coyoacán, C.P. 04369, México, D.F., este número se terminó de imprimir el 30 de abril de 2016 con un tiraje de 100 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del editor.

La suscripción anual para 2015 es de \$800.00+\$400 para gastos de envío al interior de la República y \$90.00 USD al extranjero (no incluye gastos de envío). Precio por ejemplares sueltos \$300.00 y \$30.00 USD, respectivamente. Incluye costos de envío por correo aéreo. Suscripciones en Departamento de Adquisiciones del Instituto de Ecología, A.C. Carretera Antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Ver. Tel.: (228) 842 1800 ext 5125. c.e. miguel.castillo@inecol.mx. Donaciones e intercambios, en el Instituto de Ecología, A.C., al c.e.: biblio@inecol.mx.

CContenido

artículos de actualidad

7

El papel de la investigación científica en la creación de las áreas naturales protegidas
Raymundo Dávalos-Sotelo

artículos científicos

17

El uso de los árboles en Jamapa, tradiciones en un territorio deforestado
Adi Lazos-Ruíz, Patricia Moreno-Casasola, Sergio Guevara S., Claudia Gallardo y Eduardo Galante

37

Desarrollo forestal comunitario sustentable en la región norte de México y su desafío en el contexto de la globalización
Concepción Luján Álvarez, Jesús Miguel Olivas García, Hilda Guadalupe González Hernández, Susana Vázquez Álvarez, José Ciro Hernández Díaz y Humberto Luján Álvarez

53

Percepciones sobre servicios ambientales y pérdida de humedales arbóreos en la comunidad de Monte Gordo, Veracruz
José Luis Marín-Muñiz, María E. Hernández Alarcón, Evodia Silva Rivera y Patricia Moreno-Casasola

71

Percepción local respecto a la valoración ambiental y pérdida de los recursos forestales en la región Huasteca de San Luis Potosí, México
Carmelo Peralta-Rivero, M. Guadalupe Galindo-Mendoza, Carlos Contreras-Servín, Marcos Algara-Siller y Jean François Mas-Causse

95

Woody neotropical streetscapes: a case study of tree and shrub species richness and composition in Xalapa
Ina Falfán and Ian MacGregor-Fors

111

Reconstrucción de la precipitación estacional con anillos de crecimiento para la región hidrológica Presidio-San Pedro
Beatriz Díaz-Ramírez, José Villanueva-Díaz y Julián Cerano-Paredes

125

Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México
Edgar G. Leija-Loredo, Humberto Reyes-Hernández, Oscar Reyes-Pérez, José L. Flores-Flores y Francisco J. Sahagún-Sánchez

141

Proceso de deforestación en el municipio de Cherán, Michoacán, México (2006-2012)
María Luisa España-Boquera y Omar Champo-Jiménez

155

Ordenamiento ecológico territorial de Guadalupe Cuautepec, San Juan Bautista Suchitepec, Oaxaca, desde una perspectiva técnica y comunitaria
Gabriela Álvarez-Olguín, Fidencio Sustaita-Rivera, Gilberto Bautista-Sánchez y Eucebio César Pedro-Santos

169

Vertical variation of density, flexural strength and stiffness of Persian silk wood
Majid Kiaei and Mohammad Farsi

177

Estructura anatómica de la madera de dos encinos de Oaxaca
Faustino Ruiz-Aquino, Marcos M. González-Peña, Juan I. Valdez-Hernández y Angélica Romero-Manzanares

191

Anatomía de la madera de tres especies de *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae) distribuidas en México
Susana Adriana Montaña-Arias, Sara Lucía Camargo-Ricalde y Rosaura Grether

203

Fe de erratas

Portada:
Vegetación leñosa en un
paisaje urbano de Xalapa,
Veracruz, México

Foto de: Ian MacGregor-Fors
Instituto de Ecología, A.C.



C Contents

topical papers

7

The role of scientific research in the creation of natural protected areas
Raymundo Dávalos-Sotelo

scientific papers

17

Use of trees in Jamapa, traditions in a deforested area
Adi Lazos-Ruíz, Patricia Moreno-Casasola, Sergio Guevara S., Claudia Gallardo and Eduardo Galante

37

Sustainable forest community development in northern Mexico and its challenge in the globalization context
Concepción Luján Álvarez, Jesús Miguel Olivas García, Hilda Guadalupe González Hernández, Susana Vázquez Álvarez, José Ciro Hernández Díaz and Humberto Luján Álvarez

53

Perceptions about environmental services and loss of forested wetlands in Monte Gordo community, Veracruz
José Luis Marín-Muñiz, María E. Hernández Alarcón, Evodia Silva Rivera and Patricia Moreno-Casasola

71

Local perception regarding to the environmental assessment and loss of forest resources in the Huasteca region of San Luis Potosí, Mexico
Carmelo Peralta-Rivero, M. Guadalupe Galindo-Mendoza, Carlos Contreras-Servín, Marcos Algara-Siller and Jean François Mas-Causse

95

Paisajes urbanos leñosos en el Neotrópico: Riqueza y composición de especies de árboles y arbustos en Xalapa
Ina Falfán e Ian MacGregor-Fors

111

Reconstruction of seasonal precipitation with growth-rings in the hydrological region Presidio San Pedro
Beatriz Díaz-Ramírez, José Villanueva-Díaz and Julián Cerano-Paredes

125

Land use/cover change, and future scenarios in the coastal region of Oaxaca state, Mexico
Edgar G. Leija-Loredo, Humberto Reyes-Hernández, Oscar Reyes-Pérez, José L. Flores-Flores and Francisco J. Sahagún-Sánchez

141

Deforestation process in the municipality of Cherán, Michoacán, México (2006-2012)
María Luisa España-Boquera and Omar Champo-Jiménez

155

Ecological Zoning of Guadalupe Cuautepec, San Juan Bautista Suchitepec, Oaxaca, from a technical and community perspective
Gabriela Álvarez-Olguín, Fidencio Sustaita-Rivera, Gilberto Bautista-Sánchez and Eusebio César Pedro-Santos

169

Variación longitudinal en densidad, resistencia a flexión y rigidez de la madera 'de seda' persa
Majid Kiaei y Mohammad Farsi

177

Anatomical structure of the wood of two oaks from Oaxaca, Mexico
Faustino Ruiz-Aquino, Marcos M. González-Peña, Juan I. Valdez-Hernández and Angélica Romero-Manzanares

191

Wood anatomy of three species of *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae) occurring in Mexico
Susana Adriana Montaña-Arias, Sara Lucía Camargo-Ricalde and Rosaura Grether

203

Erratum

Cover:
Woody vegetation in an urban landscape in Xalapa, Veracruz, Mexico

Photo by: Ian MacGregor-Fors
Instituto de Ecología, A.C.



ARTÍCULOS DE ACTUALIDAD





El papel de la **investigación** científica en la creación de las **áreas** **naturales protegidas**

The role of scientific research in the creation of natural protected areas

Raymundo Dávalos-Sotelo¹

¹ Red Ambiente y Sustentabilidad. Instituto de Ecología, A.C.
Xalapa, Veracruz, México. raymundo.davalos@inecol.mx

RESUMEN

La enorme necesidad de bienes materiales y servicios que tiene la humanidad, únicamente puede ser atendida con el aprovechamiento de los recursos naturales; pero al explotarlos se ejerce un gran impacto sobre ellos y una gran afectación a los ecosistemas. Para poder conservarlos sin que estos sean alterados significativamente, se creó el concepto de áreas naturales protegidas (ANP). En este trabajo se analiza y se discute la situación de las áreas naturales ubicadas en las zonas costeras, específicamente, de las zonas de humedales; que son áreas protegidas por el Convenio de Ramsar. Los manglares son humedales muy vulnerables a la degradación y muchas veces son motivo de conflicto entre las comunidades locales y otros usuarios de los recursos. Ante ello, existe un esquema que ha probado ser el más adecuado para encontrar un equilibrio entre ambas partes; se trata de crear y mantener reservas protegidas. En el tema de manglares y humedales de América tropical, Ariel Lugo y colaboradores han hecho contribuciones relevantes; sus trabajos han servido de referencia para estudios e investigaciones que son el soporte científico para la creación y/o gestión de humedales protegidos bajo el Convenio Ramsar en innumerables países. Los trabajos de conservación que emprenden los gobiernos y las comunidades locales que se basan en información proporcionada por los científicos son la mejor apuesta del mundo para conservar sus recursos naturales y mantener esperanzas de un mejor futuro para los habitantes del planeta.

PALABRAS CLAVE: cambio climático, ecosistemas, humedales, manglares, sitios Ramsar.

ABSTRACT

The enormous needs of material goods and services that humanity has can only be met with the use of natural resources. This exploitation exerts a great impact on these resources, implying large impacts on the ecosystems. To preserve part of natural resource areas so that they are not altered significantly, the concept of protected natural areas (PNA) was originated. This paper is an analysis and discussion of the natural protected areas located in coastal areas and more specifically, the wetlands areas. These natural areas are protected by the Ramsar Convention. Mangroves are wetlands highly vulnerable to degradation and protected mangroves often come into conflict with local communities and other resource users. The scheme which has proven to be more appropriate to seek a balance between the parties is the creation and maintenance of protected reserves. On the subject of mangroves and wetlands of Tropical America, Ariel Lugo and collaborators have made important contributions, some of which are highlighted here. His works have served as reference for studies and research which are the scientific support for the creation and/or management of protected wetlands under the Ramsar Convention in countless countries. The conservation work undertaken by Governments and local communities which are based on information provided by the scientists are the best bet of the world to preserve their natural resources and maintain hopes of a better future for the inhabitants of the planet.

KEYWORDS: climate change, ecosystems, wetlands, mangroves, Ramsar sites.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de bienes materiales y servicios que tiene la humanidad solamente puede ser atendida con el aprovechamiento de los recursos naturales, con los objetos manufacturados a partir de los primeros y con el empleo de los servicios ambientales o ecosistémicos que producen los diversos hábitats. Este aprovechamiento ejerce un gran impacto sobre dichos recursos, renovables o no, lo que genera una gran afectación a los ecosistemas pues entre mayor es la población que debe ser satisfecha, mayor es la extracción. Para poder conservar cuando menos parte de los recursos sin que estos sean alterados significativamente, se creó el concepto de áreas naturales protegidas (ANP). La motivación para crear y mantener estas áreas es cumplir con los objetivos de preservar en su condición original ejemplos típicos de los diversos ecosistemas para conocimiento, uso y disfrute de las generaciones futuras. Y entonces surge de inmediato la pregunta ¿qué áreas proteger y de qué tamaño deben ser esas áreas para que tengan posibilidades reales de subsistir y resistir las inevitables presiones a las que se verán sometidas? Es ahí donde entra en juego la investigación científica para abordar esta y otras preguntas de igual relevancia. El propósito de este trabajo fue repasar los elementos que se consideran importantes para crear y gestionar las áreas protegidas. Debido a la complejidad del tema, que no podría ser cubierto en unas cuantas páginas, se decidió concentrar el análisis y la discusión en las áreas naturales protegidas ubicadas en las zonas costeras y más específicamente, en las zonas de humedales, que son de las más amenazadas tanto por efecto de las acciones antrópicas como por el impacto del cambio climático global.

ÁREAS PROTEGIDAS EN ZONAS DE HUMEDALES

Con el fin de generar una manera eficaz de crear áreas naturales específicamente en estas zonas, se formó la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, conocida en forma abreviada como Convenio de Ramsar. Este acuerdo intergubernamental fue firmado el 2 de

febrero de 1971 en Ramsar (Irán) ciudad ubicada en la costa sur del Mar Caspio y entró en vigor el 21 de diciembre de 1975; su misión es la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo (Secretaría de la Convención Ramsar, 2013).

Conforme a la definición de humedales de la Convención, se incluye una amplia variedad de hábitats como pantanos, turberas, llanuras de inundación, ríos y lagos, y áreas costeras tales como marismas, manglares y praderas de pastos marinos; también arrecifes de coral y otras áreas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros, así como humedales artificiales tales como estanques de tratamiento de aguas residuales y embalses. Asimismo, contenido en el artículo 2 del párrafo 1, se estipula que “podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal”.

MANGLARES

Una categoría especial de humedales costeros está representada por los manglares. Estos son ecosistemas diversos y de gran importancia ecológica que brindan gran variedad de servicios ambientales. Están considerados como zonas de alimentación, refugio y crecimiento de juveniles de crustáceos y alevines, actúan como sistemas naturales de control de inundaciones y como barreras contra huracanes e intrusión salina; controlan la erosión y protegen las costas; mejoran la calidad del agua al funcionar como filtro biológico; contribuyen en el mantenimiento de procesos naturales como respuesta a cambios en el nivel del mar; mantienen procesos de sedimentación, son refugio de flora y fauna silvestre y además poseen un alto valor estético, recreativo y de investigación (Conabio, 2009). El término manglar tiene dos significados generales en ecología (Lugo y Snedaker, 1974); uno se refiere a un grupo ecológico de especies halófilas pertenecientes a unos 12 géneros en ocho diferentes familias y el otro se refiere al complejo de comunidades de plantas en los bordes de los océanos tropicales,



y generalmente se consideran como bosques de marea media (Martinuzzi *et al.*, 2009). Como ilustración del tipo de manglares en el Caribe, podemos mencionar el trabajo de Lugo y Cintrón (1975) quienes clasificaron los manglares de Puerto Rico en dos grupos basados en el clima y otros criterios. Los manglares de la costa norte están sujetos a olas de gran energía, alta precipitación y escurrimiento de ríos. Los de la costa sureña están sujetos a regímenes de olas de baja energía, baja precipitación y baja escurrimiento de ríos, cuando hay. Los manglares de cuenca y de ribera predominan en la costa norte mientras que los manglares de borde predominan en la costa sur. Todos los tipos son subtropicales y están sujetos al mismo régimen de temperatura. En las figuras 1 y 2 se ilustran dos ejemplos de estos manglares de Puerto Rico.

Los manglares se encuentran en más de 120 países y cubren más de 15 millones de hectáreas a escala mundial. En el neotrópico, los manglares se extienden sobre 4,5

millones de hectáreas, lo que representa alrededor de 30% del total del área global. México está en cuarto lugar entre los países con mayor área de manglares en el mundo con 5% del área global total (Spalding *et al.*, 2010). A escala internacional los manglares están protegidos por la citada Convención Ramsar que para enero de 2013 contaba con un total de 163 naciones adheridas como partes contratantes. Para esa fecha se contabilizaron más de 2060 humedales en todo el mundo con una superficie mayor a 197 millones de hectáreas (Secretaría de la Convención Ramsar, 2013); 175 de estos humedales son manglares ubicados en los neotrópicos (Lugo *et al.*, 2014). En México hay 45 sitios Ramsar que cubren más de 64% del área total de manglares en el país. Muchos de estos sitios se traslapan con la mayoría de las 32 áreas federales protegidas que abarcan aproximadamente 43% del área total de manglares (Spalding *et al.*, 2010). Los acuerdos internacionales tipo Ramsar y otros semejantes promueven la

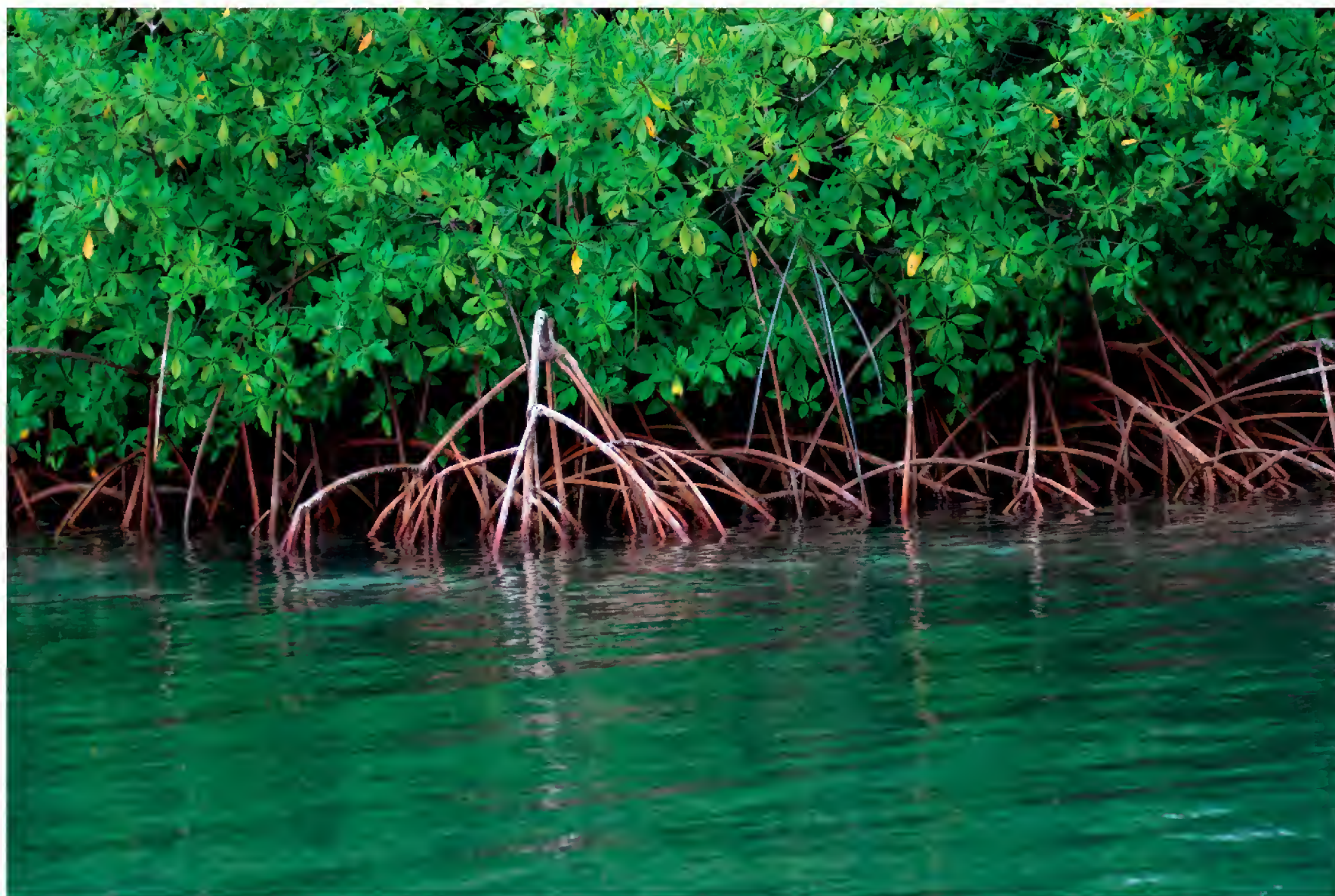


FIGURA 1. Manglar rojo de Puerto Rico.

(Foto de Jerry Bauer).



FIGURA 2. Reforestación urbana de manglares en Puerto Rico.

(Foto de Jerry Bauer).

mejor protección de los manglares, otros ecosistemas y especies amenazadas; incrementan la atención y reconocimiento de su importancia y refuerzan los marcos legales e institucionales a nivel nacional (Lugo *et al.*, 2014). Actualmente, existen 12 tratados internacionales más otros instrumentos que proveen protección a los manglares en general, algunos de los cuáles han estado en vigor por más de 50 años (Polidoro *et al.*, 2014).

Aunque el número y área de manglares en sistemas de reserva continúa creciendo en América Latina y el Caribe, muchas de estas áreas son muy vulnerables a la degradación, principalmente por la limitada capacidad y escasos recursos de las agencias encargadas de su cuidado así como por la pobre colaboración y coordinación interinstitucional. Como Polidoro *et al.* (2014) han notado, los tratados e instrumentos internacionales pueden sufrir la falta de implementación y escasa supervisión y no necesariamente confieren protección legal a los ecosistemas de manglares.

Los mismos autores señalan que ningún tratado o acuerdo internacional vigente en la actualidad apunta a la conservación, preservación o manejo de especies particulares de manglar. Aun cuando en muchos países las áreas protegidas cuentan con personal y financiamiento suficiente, el caso de los manglares protegidos ha llegado a generar conflicto con comunidades locales y otros usuarios de los recursos, particularmente con aquellos que utilizaban las reservas para su beneficio y que fueron excluidos sin compensación. Si, bajo las condiciones de cambio climático y las intervenciones humanas que tienden a incrementarse con el paso del tiempo, se considera la probabilidad de cambio en los ecosistemas, tanto local como globalmente, la viabilidad de la red de áreas naturales protegidas existente a escalas local y global, debe ser reexaminada para encontrar maneras de alcanzar una mayor conectividad entre las condiciones actuales y los posibles movimientos futuros (Lugo *et al.*, 2014).



DISYUNTIVA ENTRE DESARROLLO DE LA HUMANIDAD Y LA PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS

Es un hecho inevitable que el desarrollo de la civilización necesita del consumo de recursos y como se ha comentado, conforme se incrementa la población, aumentan las necesidades de recursos con el consiguiente impacto sobre los ecosistemas. Algo que se ha discutido desde que se publicó el célebre libro de Meadows *et al.* (1972), *Los límites del crecimiento*, es que existe un límite finito a los recursos disponibles. Algunos autores opinan que, de no disminuirse el ritmo de crecimiento actual, será inevitable un colapso de la civilización en un futuro no muy lejano (Hall y Day, 2009). La única salida posible sería alcanzar un equilibrio entre el ritmo de uso de los recursos y la capacidad de reproducción de los mismos. Esto sería factible solamente en el caso de los recursos naturales renovables pero sería imposible con los no renovables, principalmente los combustibles fósiles. Las grandes ciudades (y también las pequeñas) se han construido a partir del uso, muchas veces indiscriminado, de los recursos; no hay otra forma posible, y una meta deseable sería consumir los recursos de manera eficiente a partir del reciclaje, del empleo óptimo de los materiales, diseños amigables al ambiente, etc., pero de cualquier manera, la merma de los recursos y la afectación a los ecosistemas es inevitable.

Un caso reciente y muy comentado en México fue el de la destrucción del manglar conocido como Malecón Tajamar, ubicado en la zona urbana de Cancún, en el estado de Quintana Roo. Esta ciudad es un centro turístico de importancia mundial desarrollado a partir de la década de 1970 que se localiza en la zona costera del caribe mexicano, en un lugar cubierto originalmente por humedales y selvas tropicales. Para construir este complejo turístico, fue indispensable destruir gran parte del entorno natural para ser sustituido por grandes hoteles, zonas habitacionales y zonas comerciales. En la época en que se construyeron las primeras edificaciones, la opinión pública del país no tuvo forma de expresarse, a favor o en contra del desarrollo, porque era una época en la que las prioridades eran diferentes y el cuidado del ambiente no

era una de las principales, o al menos para el grueso de la población, aunque seguramente algunos científicos e integrantes de los incipientes movimientos ecologistas habrían opinado en contra del desarrollo avasallador en esa zona. Además, las comunicaciones eran rudimentarias y el territorio de Quintana Roo estaba esencialmente despoblado. En la actualidad, las comunicaciones son extraordinariamente rápidas por medio de las redes sociales y lo que ocurre en alguna parte del mundo puede ser difundido a través de estas redes en lo que se describe en términos informáticos como “tiempo real”. Con una conciencia ambiental mucho más amplia en importantes sectores de la población, eventos como la destrucción de un manglar como el de Tajamar, causan gran revuelo y conmoción ante la opinión pública, y ya no resulta tan fácil para los propietarios del terreno proseguir con el desmonte y posterior construcción del complejo, esto a diferencia de las facilidades con las que pudieron haber contado en el pasado. Como dato, entre los primeros que llamaron la atención sobre este atentado al vital ecosistema estuvieron un grupo de trabajadores y estudiantes de Ecosur (Pronunciamiento de Ecosur sobre Tajamar (Ecosur, 2016).

EL PAPEL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

El tema desarrollo *vs* conservación sigue y seguirá vigente mientras existan necesidades humanas que atender. El esquema que ha probado ser el más adecuado para buscar un equilibrio entre ambas partes del dilema es el de crear y mantener reservas protegidas. ¿Cómo seleccionar estas áreas? Es indiscutible que la investigación científica desempeña un papel fundamental en el proceso de decisión, junto con otros factores. Es necesario conocer los recursos de los que disponemos y los ecosistemas que los contienen, para buscar ese elusivo concepto de desarrollo sustentable. Los trabajos de investigación aportan la información que facilitan la toma de decisiones. Como ejemplo, en el tema de manglares y humedales de América tropical, Ariel Lugo y colaboradores han hecho relevantes contribuciones. Lugo es uno de los investigadores más reconocidos en este campo de estudios y sus publicaciones son ampliamente consultadas y citadas. Lugo (2002) y Lugo *et al.*

(2015) han publicado trabajos en la revista *Madera y Bosques* utilizados como referencia para estudios e investigaciones que han servido como soporte científico para la creación y/o gestión de áreas de humedales protegidos bajo el Convenio Ramsar en países como Brasil, Colombia, Cuba, El Salvador, Honduras, las islas del Caribe, Malasia, México, Nicaragua y Sri Lanka. Así mismo, han sido una fuente relevante para estudios globales de los manglares en el mundo (Polidoro *et al.*, 2014; Webber *et al.*, 2016) que igualmente hacen referencia a los sitios Ramsar.

En otras revistas científicas sus trabajos han sido utilizados para estudios sobre áreas de manglares o zonas de humedales boscosos de agua dulce en sitios protegidos Ramsar ubicados en todos los continentes. En el caso de América Latina los estudios encontrados en la literatura sobre este tema han sido desarrollados en países como Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Guatemala, México, Panamá, Paraguay, Venezuela y en otros países de América Central. En el Caribe se han hecho estudios sobre este tema en las Antillas, Santa Lucía y Trinidad y Tobago. En Asia, los trabajos en sitios protegidos que hacen referencia a los estudios de Lugo y colaboradores se han hecho en: Bangladesh, China, Indonesia, Japón, Tailandia y otros sitios en el sur de Asia. Incluso en Europa sus trabajos han sido citados en publicaciones científicas realizadas para zonas protegidas en Grecia y Suecia. En el caso de África, se puede citar un trabajo en Benín y también hay al menos un trabajo sobre sitios Ramsar en Australia que hace referencia al trabajo de Lugo y sus colegas. En un archivo complementario (ubicado en el sitio web de la *Madera y Bosques*: http://www1.inecol.edu.mx/myb/INDICE_TEX-TOS_MB.htm#216) se presenta un resumen de la lista de referencias bibliográficas sobre sitios Ramsar que citan los estudios de Lugo y colaboradores.

COMENTARIOS FINALES

Un elemento que resalta la importancia del trabajo científico, es el de los trabajos de conservación que emprenden los gobiernos y las comunidades locales basados en la información proporcionada por los científicos. En paí-

ses como Cuba y Ecuador se ha invertido una importante cantidad de recursos en los esfuerzos de conservación de los manglares y se están ensayando nuevos enfoques a través del involucramiento de las comunidades locales en la gobernanza de los recursos naturales (Gravez *et al.*, 2013; Lugo *et al.*, 2014). Y es en planteamientos como estos donde participan científicos, gobiernos y comunidades, en donde está el futuro de la conservación de los recursos. La aplicación de los resultados y descubrimientos de la investigación, conjuntamente con el conocimiento tradicional de los pobladores; ambos sectores auspiciados, encauzados, financiados y organizados por los gobiernos de los estados nacionales comprometidos con la conservación de recursos, es la mejor apuesta que tiene el mundo para conservar sus recursos naturales y así tener esperanzas de un mejor futuro para los habitantes de este sufrido planeta.

RECONOCIMIENTOS

Las fotos de los manglares de Puerto Rico fueron proporcionadas por Jerry Bauer, Biological Scientist, International Cooperation Team Leader, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico 00926.

REFERENCIAS

- Conabio. 2009. *Manglares de México: Extensión y distribución*. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.
- Ecosur (El Colegio de la Frontera Sur). 2016. Pronunciamiento del Ecosur sobre Tajamar. <http://www.ecosur.mx/blog/ecosur-pronunciamiento-tajamar/>.
- Gravez, V., R. Bensted-Smith, P. Heylings, y T. Gregoire-Wright. 2013. Governance systems for marine protected areas in Ecuador. In: Moksness, E., E. Dahl y J. Stottrup, Eds. *Global challenges in integrated coastal zone management*. John Wiley & Sons, Ltd., Oxford, UK, 145-158.
- Hall, C. A. S. y J. W. Day, 2009. Revisiting the limits to growth after the Peak Oil. *American Scientist* 97: 230-237.
- Lugo, A. E. 2002. Conserving Latin American and Caribbean mangroves: issues and challenges. *Madera y Bosques* 1:5-25.



- Lugo, A. E. y G. Cintrón. 1975. *The mangrove forests of Puerto Rico and their management*. In: Walsh, G., Snedaker, S., Teas, H. (Eds.), *Proceedings of International Symposium on Biology and Management of Mangroves*, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, FL, pp. 825–846.
- Lugo, A. E., E. Medina y K. McGinley. 2014. Issues and Challenges of Mangrove Conservation in the Anthropocene. *Madera y Bosques* 20(3):11-38.
- Lugo, A. E. y S. C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecological Systems* 5: 39–64.
- Martinuzzi, S., W. A. Gould, A. E. Lugo y E. Medina. 2009. Conversion and recovery of Puerto Rican mangroves: 200 years of change. *Forest Ecology and Management* 257: 75–84.
- Meadows, D. H., Randers, J. & Behrens, W.W. *The Limits to Growth*. Universe Books Publications: New York, 1972.
- Polidoro, B.A., K. E. Carpenter, F. Dahdouh-Guebas, J. C. Ellison, N. E. Koedam y J. W.H. Yong. 2014. Global patterns of mangrove extinction risk: implications for ecosystem services and biodiversity loss. In: *Coastal Conservation*, Eds B. Maslo y J. L. Lockwood. Cambridge University Press.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. 2013. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 6a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- Spalding, M., M. Kainuma y L. Collins. 2010. *World atlas of mangroves*. London, Earthscan 319. 336 pp.
- Webber, M., H. Calumpong, B. Ferreira, E. Granek, S. Green, R. Ruwa y M. Soares. 2016. Mangroves. Chapter 48. The First Global Integrated Marine Assessment World Ocean Assessment I by the Group of Experts of the Regular Process. In: Lorna Inniss and Alan Simcock (Joint Coordinators) United Nations General Assembly and its Regular Process for Global Reporting and Assessment of the State of the Marine Environment, including Socioeconomic Aspects © 2016 United Nations. Disponible en: http://www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RegProcess.htm

Manuscrito recibido el 28 de enero de 2016.

Aceptado el 28 de abril de 2016.

Este documento se debe citar como:

Dávalos-Sotelo, R. 2016. El papel de la investigación científica en la creación de las áreas naturales protegidas. *Madera y Bosques* 22(1): 7-13.

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS





El uso de los árboles en Jamapa, tradiciones en un territorio deforestado

Use of trees in Jamapa, traditions in a deforested area

Adi Lazos-Ruíz¹, Patricia Moreno-Casasola^{2*}, Sergio Guevara S.², Claudia Gallardo² y Eduardo Galante¹

¹ Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO).
Universidad de Alicante. San Vicente del Raspeig,
Alicante, España. adi_lazos@hotmail.com, galante@ua.es

² Instituto de Ecología, A.C. Red de Ecología Funcional.
sergio.guevara@inecol.mx, claudia.gallardo@inecol.mx

* Autor para correspondencia. patricia.moreno@inecol.mx

RESUMEN

Los árboles han jugado un papel fundamental en el desarrollo de las civilizaciones, tanto como recursos de aprovisionamiento como por otros servicios ecosistémicos. Sin embargo hay una fuerte perturbación de los bosques tropicales que ha disminuido la cantidad y diversidad de los árboles. Una de las causas principales de esta situación es el cambio de uso del suelo, sobre todo para actividades ganaderas, que en el estado de Veracruz, México, ocupan alrededor de 3.7 millones de hectáreas (50.6% de su territorio). El objetivo de este trabajo fue investigar el conocimiento que los ganaderos tienen sobre las especies arbóreas, sus usos, su importancia cultural y los cambios que han sucedido a lo largo del tiempo. Se mencionaron 68 especies de árboles y se hizo una clasificación de 22 tipos de usos. Se calculó el índice de importancia cultural de cada especie y se describieron los cambios más importantes en el estilo de vida de las comunidades de estudio. Se encontró que hay un conocimiento amplio sobre los árboles pero se está perdiendo rápidamente. Los árboles se usan no solo para obtener beneficios en la ganadería sino para satisfacer otras necesidades de la vida cotidiana. La cantidad y la diversidad de especies arbóreas refleja el estilo de vida de las comunidades junto con sus influencias y cambios en el tiempo. Las decisiones de los ganaderos configuran el paisaje y por lo tanto se recomienda aumentar la cantidad de árboles en los potreros, su conservación y su uso para mantener los servicios ecosistémicos que proveen.

PALABRAS CLAVE: acciones de conservación, conocimiento local, ganadería, importancia cultural, tipos de uso.

ABSTRACT

Trees have played an important role in the development of civilizations, both for provisioning of resources and for other environmental services. However, there is a strong decrease in the quantity and diversity of tropical forests trees due to land use changes. One of the main causes of this situation is the livestock activity, which in the state of Veracruz, Mexico, occupies a surface of about 3.7 million hectares (representing 50.6% of its territory). The objective of this study was to research into cattle ranchers' knowledge of arboreal species, their uses, their cultural importance and the changes that have taken place over time. Sixty eight species of trees were mentioned and their uses were classified in 22 types of uses. The cultural importance index was calculated for each species and the most important changes in the communities' lifestyle were described. The results showed that ranchers have a wide knowledge about trees but it is rapidly disappearing. Trees are used not only to get benefits for the livestock activity but also to satisfy other needs of daily life. The quantity and diversity of arboreal species reflect the lifestyle, influences and changes over time within the communities. The decisions of ranchers configure the landscape, and therefore the recommendation is to increase the amount of trees, their conservation and uses to maintain the environmental services they provide.

KEYWORDS: conservation actions, local knowledge, livestock, cultural importance, types of use.

INTRODUCCIÓN

Los árboles han tenido un enorme valor en el desarrollo de las civilizaciones desde tiempos preagrícolas (Casas, 2001), por sus usos con fines tanto utilitarios –madera leña, alimento y derivados medicinales– como rituales y cosmogónicos (Bellefontaine *et al.*, 2002; López-Austin, 1997; Toledo *et al.*, 1995). También se les confiere una gran importancia por los servicios ecosistémicos que brindan, como refugio para vida silvestre, sombra, conectividad del paisaje, regulación del clima, control de erosión, mantenimiento de biodiversidad y formación y fertilidad del suelo, entre otros (Guevara *et al.*, 2005; Millenium Ecosystem Assessment, 2005; Moreno-Casasola y Paradowska, 2009). A pesar de su importancia, se está dando una disminución global del número de árboles de gran talla debido a causas antropogénicas (Lindenmayer *et al.*, 2012). México es uno de los diez países con mayor cobertura de bosques primarios del mundo y es el séptimo con mayor deforestación (FAO, 2010), con una pérdida anual neta de 367 224 hectáreas (Céspedes y Moreno, 2010). Esta perturbación se refleja en que más de la mitad de las superficies de bosque tropical perennifolio, subcaducifolio y caducifolio están constituidos por vegetación secundaria -i.e. la vegetación que sucede cuando se pierde el bosque original (Conafor, 2012). Los humedales arbóreos y herbáceos también han sido alterados, habiéndose perdido o degradado una superficie de 62% (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012). Los manglares están protegidos por la legislación ambiental mexicana, pero otros tipos de vegetación como las selvas inundables, no han sido considerados ni estudiados adecuadamente y apenas quedan bordes alrededor de los manglares (Infante *et al.*, 2014; Landgrave y Moreno-Casasola, 2012).

Las principales causas de la deforestación son el cambio de uso de suelo (Toledo, 1990), sobre todo para actividad ganadera - lo cual ha traído la proliferación de grandes extensiones de pastos introducidos para ganado bovino (Guevara y Moreno-Casasola, 2008) - y acciones promovidas por políticas públicas y programas gubernamentales en diferentes épocas del país (Bravo *et al.*, 2010; Niembro,

2001) como el Programa Nacional de Desmontes en la década de 1970 (Moreno, 2011).

Veracruz, estado en la costa del Golfo de México, destina alrededor de 3.7 millones de hectáreas - 50.6% de su territorio - a la ganadería (Sedarpa, 2012); es decir, los potreros son los paisajes predominantes (Guevara *et al.*, 2005). La ganadería veracruzana se caracteriza por ser extensiva, con ganado de doble propósito (leche y carne), en unidades de pequeña escala, con un bajo nivel productivo y tecnológico y con una alta dependencia del pastizal cuya calidad y disponibilidad están marcadas por las temporadas de secas y lluvias (Travieso-Bello y Moreno-Casasola, 2011; Vilaboa y Díaz, 2009).

Árboles en la ganadería

La estructura y composición arbórea de los potreros están determinadas en gran parte por las decisiones de uso y prácticas de manejo ganaderas, por ejemplo cuántos y cuáles árboles dejar en pie, cuáles sembrar o eliminar. La selección de las especies se relaciona con los beneficios que aportan para satisfacer las necesidades del ganadero (Esquivel *et al.*, 2003; Gómez-Pompa, 1987; Gómez *et al.*, 2013), por ejemplo para postería, cercas vivas, forraje y sombra. Los postes (troncos de aprox. 1.80 m de altura) son usados para sostener el alambre que delimita el espacio accesible al ganado, una hectárea necesita alrededor de 130 postes que deben ser reemplazados periódicamente. Las cercas vivas son árboles dispuestos en hilera que marcan un lindero o forman parte de las cercas con alambre; para esta finalidad usualmente se eligen especies que se propagan por estaca porque ahorran tiempo de crecimiento y evitan que sean comidas o pisadas por el ganado (Avendaño y Acosta, 2000). El forraje obtenido de hojas, tallos tiernos, flores o frutos de los árboles diversifica los recursos nutricionales para el ganado mejorando su rendimiento (Villa *et al.*, 2009). En cuanto a la sombra de los árboles, Betancourt *et al.* (2003) encontraron que modifica el comportamiento de los animales en los potreros y favorece la producción de leche. Los árboles en pie dentro de los potreros no solo son proveedores de estos beneficios sino que funcionan como puntos de conectividad en el paisaje, facilitan la preserva-



ción y dispersión de semillas y son núcleos potenciales de regeneración de las selvas (Guevara *et al.*, 2005). De esta manera, las decisiones de los ganaderos con respecto a los árboles de sus terrenos inciden en la disponibilidad y mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

Conocimiento tradicional de los árboles

Los principales trabajos sobre usos tradicionales de los árboles se han realizado con grupos indígenas (Toledo *et al.*, 1995), incluyendo los mayas (Rico *et al.*, 1991), los mixtecos (Casas *et al.*, 1994) y los lacandones (Levy *et al.*, 2002). Sin embargo existe poca información sobre el uso de los árboles por poblaciones mestizas - 90% de la población rural en México (Inegi, 2010) –, y muchos menos trabajos sobre el conocimiento de los ganaderos en zonas tropicales (Muñoz, 2006). Además, actualmente hay una grave pérdida del conocimiento sobre usos tradicionales de los árboles (Reyes, 2009; González *et al.*, 2012b). Las nuevas generaciones están cada vez menos interesadas en el campo y en general tienen poco sentido de apropiación de los recursos (Marín, 2013).

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo fueron investigar cuáles especies arbóreas conocen los ganaderos, los usos que les dan, su importancia cultural y los cambios que han ocurrido en la zona a lo largo del tiempo. Se espera que los resultados de este trabajo sirvan como base para rescatar y rediseñar mejores prácticas de manejo en las zonas ganaderas, que promuevan una mayor conservación y uso de los árboles para preservar sus servicios ecosistémicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en las localidades rurales de La Matamba, El Piñonal y El Yagual en el municipio de Jamapa, Veracruz, México (Fig. 1). No obstante, se considera como una sola área de estudio debido a la cercanía entre comunidades y porque todas están ubicadas en los alrededores de los últimos restos de vegetación de humedales (selva inundable) y bosque tropical caducifolio de la zona. Este lugar ha sido habitado desde tiempos prehispá-

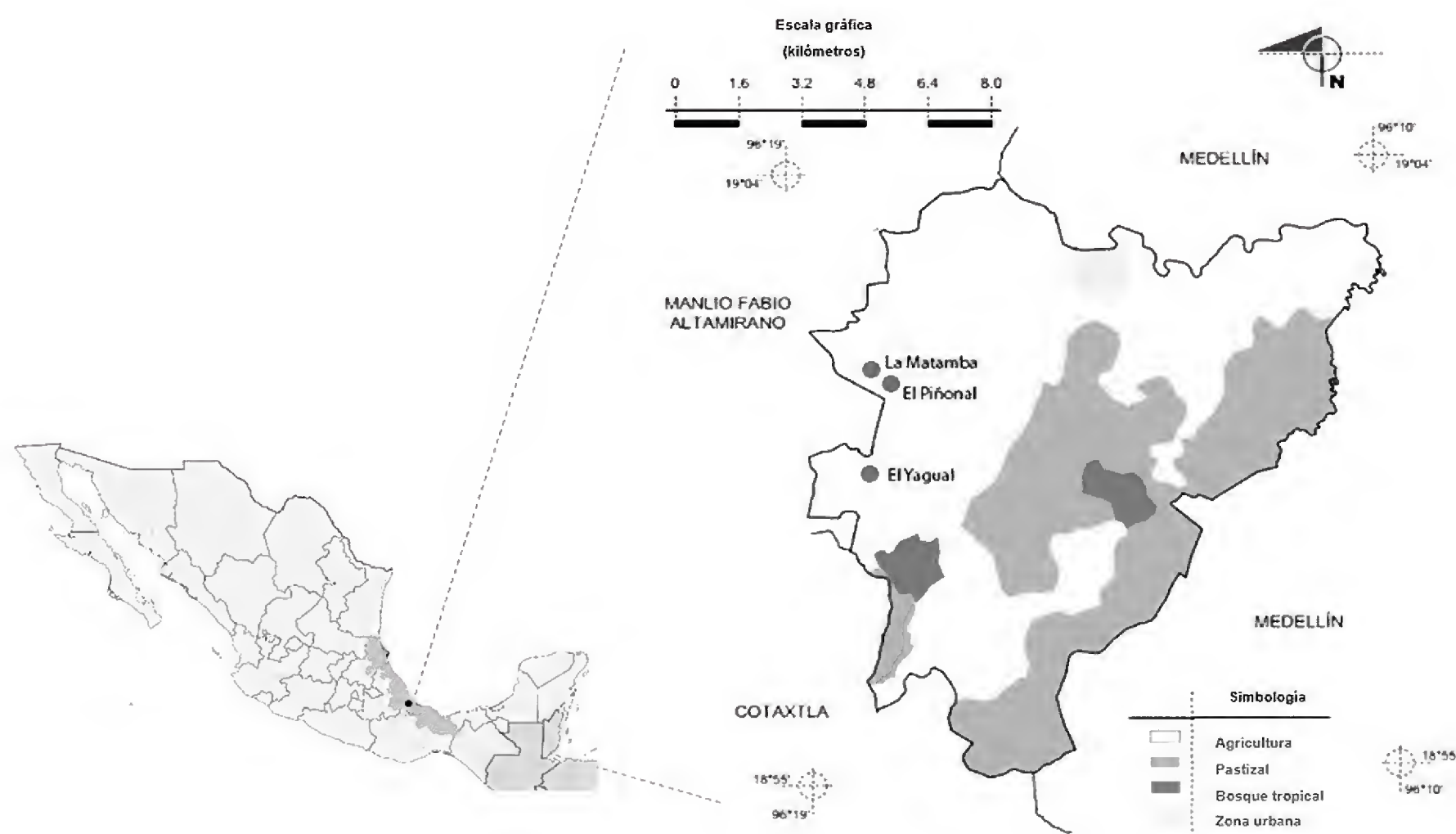


FIGURA 1. Ubicación, uso de suelo y vegetación del municipio de Jamapa, Veracruz, México, así como localización de las comunidades de El Piñonal, La Matamba y el Yagual (Inegi, 2009).

nicos (Moreno-Casasola e Infante, 2009) aunque actualmente es una población mestiza; el uso tradicional de recursos prevalece hasta la actualidad pero corre el riesgo de desaparecer (González *et al.*, 2012a y 2012b). El territorio del municipio está dedicado en 1% a zona urbana, 4% es bosque tropical (mayormente perturbado) y 95% a actividades agrícolas (i.e. cultivo de maíz y mango) y ganaderas; aunque solo 19% de la población económicamente activa se dedica a estas actividades (Sefiplan, 2013). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación entre 1100 mm y 1300 mm anuales, temperatura media entre 24 °C y 26 °C y altitud entre 10 m y 40 m snm (Sefiplan, 2013).

Selección de informantes y entrevistas

Se buscaron informantes dueños de terrenos ganaderos por el método de “bola de nieve”, donde una persona sugiere a otra por su conocimiento y experiencia sobre el tema (Davis *et al.*, 2010). El tamaño de la muestra se determinó por punto de redundancia y saturación de la información (Letts *et al.*, 2007). Se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas (Anexo 1), habiéndose clasificado todas las respuestas (Tarrés, 2004). La información se complementó con talleres y visitas a los predios, que permitieron corroborar los resultados y enriquecer la discusión del trabajo como parte del enfoque de investigación participante (Tarrés, 2004).

Colectas botánicas

Se colectó una muestra de cada especie de árbol que los informantes mencionaron, se identificó y se depositó en el Herbario del Instituto de Ecología, A.C. (XAL). Los tipos de vegetación a los que pertenece cada especie fueron consultados en la bibliografía y en el herbario XAL, posteriormente se homologaron de acuerdo con la propuesta de Rzedowski (2006). Los nombres científicos y familias botánicas se verificaron en la base de datos Tropicos (<http://www.tropicos.org/>), que sigue el Grupo para la Filogenia de las Angiospermas (APG *Angiosperm Phylogeny Group*).

Índice de Importancia Cultural

Se calculó el Índice de Importancia Cultural (IIC) de cada especie z (IIC_z) de Turner (1988) con las modificaciones propuestas por Ávila *et al.* (2011) y simplificado como sigue:

$$IIC_z = \frac{iu_z + fm_z + vut_z}{3} \quad (1)$$

En donde la intensidad de uso de la especie z (iu_z) se calcula con la ecuación (2), la frecuencia de mención de la especie z (fm_z) con la ecuación (3), el valor de la especie z para el uso α ($vu_{z\alpha}$) con la ecuación (4) y el valor total de uso para la especie z (vut_z) con la ecuación (5).

$$iu_z = \frac{\text{Núm. de usos de la sp. } z}{\text{Núm. total de usos para todas las spp.}} \quad (2)$$

$$fm_z = \frac{\text{Núm. de menciones de la sp. } z \text{ para todos los usos}}{\text{Núm. total de menciones para todas las spp. para todos los usos}} \quad (3)$$

$$vu_{z\alpha} = \frac{\text{Núm. total de menciones de la sp. } z \text{ para el uso } \alpha}{\text{Núm. total de menciones para todas las spp. para el uso } \alpha} \quad (4)$$

$$vut_z = \sum_{\alpha=1}^n vu_{z\alpha} \quad (5)$$

Este índice cuantifica objetivamente la importancia de cada especie asignada por el grupo de informantes, considerando su intensidad, frecuencia y valor de uso asociados a su reconocimiento, reputación y marcaje léxico (i.e. qué tanto la gente se acuerda del nombre de la especie) a través de las menciones y los usos.

RESULTADOS

Se entrevistaron 19 personas dueñas de terrenos ganaderos: cinco mujeres y 14 hombres, de los cuales 10,5% tenían menos de 40 años, 58% entre 41 y 60 años y 31,5% entre 61 y 80 años. Todos se dedican a la agricultura y/o ganadería y algunos además realizan otros trabajos. Los entrevistados han tenido sus terrenos en la zona durante toda su vida, con excepción de una persona que adquirió el terreno hace menos de 10 años. Once por ciento informó que su terreno se desmontó hace menos de 10 años, 37% entre hace 20 y 40 años, 16% entre 50 y 80 años, 16% hace 100 años, 21% no supo responder. Todos

los informantes mencionaron que su terreno se inunda en alguna época del año.

Se mencionaron 97 especies de plantas, de las cuales se excluyeron 21 por ser herbáceas y ocho por no poder identificarse al carecer de flores y frutos. Las 68 especies restantes (70% del total) –incluyendo palmas- fueron identificadas con sus usos, las partes del árbol que se utilizan, el tipo de vegetación donde se encuentran y su valor cultural (Tabla 1).

Las familias mejor representadas fueron Fabaceae (13 especies), Moraceae (8 especies) y Malvaceae (5 especies). La tabla 2 muestra las 20 especies mencionadas por más informantes, las especies con mayor número de usos, las especies de las que se utiliza un mayor número de partes y las especies con valor cultural más alto. *Gliricidia sepium* y *Maclura tinctoria* aparecen entre los primeros cinco lugares de todas las categorías.

TABLA 1. Especies de árboles mencionadas y sus usos.

Familia/Nombre científico	Nombre común	No. de menciones	Usos	IIC	Partes utilizadas	Tipo de vegetación	Referencias
ANACARDIACEAE							
<i>Mangifera indica</i> L.	mango	6	A, E, F, J, L, M, N	0.31	tronco, ramas, fruto	bq, btc, btp, cult, pz	4, 12
<i>Spondias mombin</i> L.	jobo	2	F, I, L	0.07	todo, fruto	btc, btp, va, vs	4, 10
<i>Spondias purpurea</i> L.	ciruelo, ciruelo rojo	3	F, I	0.05	fruto	bq, btc, btp, cult, va	4
ANNONACEAE							
<i>Annona muricata</i> L.	guanábano	2	F	0.03	fruto	btc, btp, bts, cult	4
<i>Annona purpurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal	ilama, ilana	3	F	0.03	fruto	bq, btc, btp, vs	4, 6
<i>Annona reticulata</i> L.	anono	2	A, F, J, M	0.13	ramas, hojas, fruto	bq, btc, btp, bts, cult, va, vs	4, 12
APOCYNACEAE							
<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	lecherillo	2	B, H, N	0.08	tronco, ramas	btc, bts, vs	2
ARECAEAE							
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	palma de coyol redondo	1	F	0.02	semilla	btc, bts, du, pl, pz	3, 13
<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L. f.) Wess.Boer	palma de coyol real	10	C, D, F, I, J	0.42	tronco, hojas, fruto, semilla	btc, btp, bts, pl, va	3, 10, 13
<i>Roystonea dunlapiana</i> P.H. Allen	palma de yagua	5	C, H	0.07	tronco	pl, va	11, 13
<i>Sabal mexicana</i> Mart.	palma de apachite	7	C, D	0.19	tronco, hojas	bq, du, btp, bts, va	4, 7, 10, 11, 13
BIGNONIACEAE							
<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) Seem.	cuajilote	1	G	0.06	fruto	bq, btc, btp, bts, pz, va, vs	3, 4

Usos: A-leña; B-utensilios; C-construcción de casas; D-techos de casas; E-muebles; F-comestible; G-medicinal; H-postes o estantes; I-cerca viva; J-forraje para ganado; K-ornamental; L-sombra; M-vida silvestre; N-madera; O-conservación; P-artesanías; Q-ritual; R-cortina rompevientos; S-otros; T-tinta.

Tipo de vegetación: bq-bosque mesófilo/de encinos/de coníferas; btc – bosque tropical caducifolio; btp – bosque tropical perennifolio; bts – bosque tropical subcaducifolio; cult-cultivada; du-dunas; pl-palmar; pz-pastizal; va – vegetación acuática (incluye selva inundable/ripario/manglares/esteros); vs-vegetación secundaria.

Referencias para el tipo de vegetación: 1-Avendaño, 1998, 2-Castillo y Medina, 2005, 3-Castillo y Travieso, 2006, 4-Herbario XAL, 5-Ibarra *et al.*, 2012, 6-Lascurain *et al.*, 2010, 7-Moreno-Casasola e Infante, 2009, 8-Nash y Moreno, 1981, 9-Niembro *et al.*, 2010, 10-Pennington y Sarukhán, 2005, 11-Quero, 1994, 12-UNAM, 2009, 13-González *et al.* 2012a.

TABLA 1. Especies de árboles mencionadas y sus usos. (Continuación...)

<i>Familia/Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>	<i>No. de menciones</i>	<i>Usos</i>	<i>IIC</i>	<i>Partes utilizadas</i>	<i>Tipo de vegetación</i>	<i>Referencias</i>
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose)	primavera	1	I	0.02	todo	btc, bts	10
Miranda							
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	roble	9	A, B, C, E, H, I, L, N	0.46	todo, tronco, ramas	btc, btp, bts, du, pz, va, vs	3, 4
BORAGINACEAE							
<i>Cordia cf. diversifolia</i> Pav. ex DC.	tepozán	1	G	0.03	hojas	btc, bts	3
<i>Cordia collococca</i> L.	nopo	3	C, I	0.06	tronco	bq, btp, bts, va	8
<i>Cordia dodecandra</i> DC.	cópite	7	B, C, F, I, J, M, N	0.28	todo, tronco, ramas, hojas, fruto	btc, cult, vs	4, 10
<i>Ehretia tinifolia</i> L.	frutillo, rayado	4	A, L, M, O, S	0.53	todo	bq, btc, btp, bts, vs	4, 8, 9
BURSERACEAE							
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	mulato, palo mulato	10	G, I, L, M	0.18	tronco, ramas, hojas, corteza	bq, btc, btp, bts, du, pz, va, vs	3, 4, 10
CASUARINACEAE							
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	pino	1	R	0.18	todo	bq, btc, btp, cult, du, va, vs	4
COMBRETACEAE							
<i>Terminalia catappa</i> L.	almendro	1	F, L	0.04	todo, semilla	cult	-
EBENACEAE							
<i>Diospyros nigra</i> (J.F. Gmel.) Perr.	zapote negro, zapote prieto	6	F	0.04	fruto	bq, btc, btp, bts, cult, va	6, 10
FABACEAE							
<i>Acacia cochliacantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	huizache	6	A, C, H, I, J	0.25	tronco, ramas, fruto	bq, btc, bts, dun, pz, va, vs	4
<i>Caesalpinia cacalaco</i> Bonpl.	tihuil	7	A, H, I, N	0.12	todo, tronco, ramas	btc	9
<i>Cassia fistula</i> L.	lluvia de oro	1	K, L	0.37	todo	btc, bts, cult, vs.	4
<i>Diphyssa robinoides</i> Benth.	amarillo, quebrache	7	B, H, I, L, N, T	0.35	todo, tronco, ramas, corazón	btc, btp, bts, du, va, vs	4, 10
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	nacastle, nacaste	4	A, E, F, L, N	0.14	tronco, ramas, fruto	bq, btc, btp, bts, du, pz, va, vs	3, 4, 10
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	cocuile	12	A, B, C, F, H, I, J, L, N, S	0.79	todo, tronco, ramas, flor, hojas, brotes	bq, btc, btp, bts, du, pz, va, vs	4, 10
<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	tinto	2	B, C, H, I, T	0.24	tronco, ramas, corazón	btc, btp, pz, va, vs	4
<i>Inga</i> sp.	chalahuite	1	G	0.03	corteza	-	-
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	guaje	2	F, G	0.05	corteza, fruto	bq, btc, btp, bts, du, va	4
<i>Lonchocarpus</i> sp.	marinero	5	A, C, L	0.12	todo, ramas	-	-

TABLA 1. Especies de árboles mencionadas y sus usos. (Continuación...)

Familia/Nombre científico	Nombre común	No. de menciones	Usos	IIC	Partes utilizadas	Tipo de vegetación	Referencias
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	abí	1	C, N	0.06	tronco	bq, btc, btp, bts, vs	4, 10
<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	sangregado	4	G	0.07	corteza	btp, bts	4
<i>Tamarindus indica</i> L.	tamarindo	2	F, L	0.06	todo, fruto	bq, btc, btp, du, cult, va, vs	4
LAMIACEAE							
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.	melina	3	N	0.03	tronco	btp, bts, cult, vs	4
LAURACEAE							
<i>Persea americana</i> Mill.	aguacate	1	F	0.02	fruto	bq, btc, btp, cult, vs	4, 10
MALPIGHIACEAE							
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	nanche	2	F	0.04	fruto	bq, btc, btp, cult, du, va, vs	4
MALVACEAE							
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	pochota	1	B	0.03	semilla	btc, btp, pz	4
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	ceiba	6	B, J, L, M	0.18	todo, semilla, flores	btc, btp, bts, du, pz, va, vs	1, 4, 10
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	guázamo, guázimo, taparrabo	6	A, B, G, H, I, J	0.24	todo, tronco, ramas, hojas, corteza, fruto	bq, btc, btp, bts, cult, du, pz, va, vs	4, 10
<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart.	algodoncillo	1	A, B, C, N	0.00	tronco, ramas	bq, btc, btp, va, vs	4, 9
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	apompo	14	B, G, H, I, L, N, O	0.57	todo, tronco, ramas, fruto	btc, btp, du, pz, va	1, 4, 6, 10
MELIACEAE							
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	neem, nim, nin	1	S	0.36	hojas	cult	-
<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro	10	E, I, N, P, Q	0.82	todo, tronco, ramas	bq, btc, btp, bts, cult, pz, va, vs	3, 4
<i>Swietenia macrophylla</i> King	caoba	1	N	0.02	tronco	btc, btp, bts, pz, va, vs	4, 9
MORACEAE							
<i>Castilla elastica</i> Sessé	hule	1	B, I	0.06	todo, látex	bq, btc, btp, bts, va, vs	4, 10
<i>Ficus aurea</i> Nutt.	higuera blanca, negra, colorada	9	A, B, J, L, M, N	0.29	todo, tronco, ramas, fruto, raíz, aserrín	bq, btc, btp, bts, du, va, vs	4, 5
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	higuera prieta	2	L, M, Q	0.25	todo, fruto	bq, btc, btp, bts, du, pl, va	3, 4, 5

Usos: A-leña; B-utensilios; C-construcción de casas; D-techos de casas; E-muebles; F-comestible; G-medicinal; H-postes o estantes; I-cerca viva; J-forraje para ganado; K-ornamental; L-sombra; M-vida silvestre; N-madera; O-conservación; P-artesanías; Q-ritual; R-cortina rompevientos; S-otros; T-tinta.
Tipo de vegetación: bq-bosque mesófilo/de encinos/de coníferas; btc – bosque tropical caducifolio; btp – bosque tropical perennifolio; bts – bosque tropical subcaducifolio; cult-cultivada; du-dunas; pl-palmar; pz-pastizal; va – vegetación acuática (incluye selva inundable/ripario/manglares/esteros); vs-vegetación secundaria.
Referencias para el tipo de vegetación: 1-Avedaño, 1998, 2-Castillo y Medina, 2005, 3-Castillo y Travieso, 2006, 4-Herbario XAL, 5-Ibarra *et al.*, 2012, 6-Lascurain *et al.*, 2010, 7-Moreno-Casasola e Infante, 2009, 8-Nash y Moreno, 1981, 9-Niembro *et al.*, 2010, 10-Pennington y Sarukhán, 2005, 11-Quero, 1994, 12-UNAM, 2009, 13-González *et al.* 2012a.

TABLA 1. Especies de árboles mencionadas y sus usos. (Continuación...)

<i>Familia/Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>	<i>No. de menciones</i>	<i>Usos</i>	<i>IIC</i>	<i>Partes utilizadas</i>	<i>Tipo de vegetación</i>	<i>Referencias</i>
<i>Ficus crocata</i> (Miq.) Miq.	higuera negra,	7	A, L, M	0.13	todo, tronco,	bq, btc, btp, bts,	4, 5
	higuera de tendón				ramas, raíz	du, pz, va, vs	
<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	hule	2	B	0.03	látex	bq, btc, btp, bts,	2
						du, pl, va, vs	
<i>Ficus</i> sp.	higuera	3	O	0.10	todo		
<i>Ficus yoponensis</i> Desv.	higuera blanca	1	J, R	0.21	todo, fruto	bq, btp, bts, pz,	4, 5
						va, vs	
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	moral, mora	10	A, B, C, F, H, I, J, L, M, T	0.47	todo, tronco, ramas, fruto, corazón	bq, btc, btp, bts, du, pz, va, vs	3, 4, 10
MUNTINGIACEAE							
<i>Muntingia calabura</i> L.	capulín, nigüilla	1	F	0.02	fruto	bq, btc, btp, bts, cult, du, pz, va, vs	4
MYRTACEAE							
<i>Psidium guajava</i> L.	guayaba	2	F, G	0.05	hojas, fruto	bq, btc, btp, bts, cult, du, pz, va, vs	3, 4, 6, 10
POLYGONACEAE							
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	uvero	1	I	0.02	todo	bq, btc, btp, bts, du, pl, pz, va, vs	3, 4, 10
PRIMULACEAE							
<i>Ardisia</i> sp.	capulín	1	F	0.02	fruto	-	-
RUBIACEAE							
<i>Genipa americana</i> L.	yual	3	F	0.03	fruto	bq, btc, btp, bts, cult, pz, va, vs	3, 4
<i>Randia</i> sp.	crucetillo	2	G, M	0.08	fruto	-	-
RUTACEAE							
<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	limón	1	F	0.02	fruto	cult	-
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	naranja	2	F	0.03	fruto, hojas	cult	-
SALICACEAE							
<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer	catarrito	1	A	0.03	tronco, ramas	bq, btc, btp, bts, va, vs	3, 4, 10
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	sauce	7	B, E, H, L, N, O	0.26	todo, tronco, ramas, hojas	bq, btc, btp, bts, pz, va, vs	4, 7, 10
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp.	palo volador, volador	2	C, H	0.08	tronco	bq, btc, btp, pz, va, vs	4
SAPINDACEAE							
<i>Melicoccus oliviformis</i> Kunth	guaya	1	F	0.02	fruto	btc, btp	6
SAPOTACEAE							
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	zapote chico, chico-zapote	2	F, L, M	0.09	fruto, látex	btc, btp, bts, cult, du, pz, va, vs	4, 9

TABLA 1. Especies de árboles mencionadas y sus usos. (Final).

Familia/Nombre científico	Nombre común	No. de menciones	Usos	IIC	Partes utilizadas	Tipo de vegetación	Referencias
URTICACEAE							
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	chancarro, guarumo	3	G	0.06	hojas	bq, btc, btp, va, vs	4, 10

Usos: A-leña; B-utensilios; C-construcción de casas; D-techos de casas; E-muebles; F-comestible; G-medicinal; H-postes o estantes; I-cerca viva; J-forraje para ganado; K-ornamental; L-sombra; M-vida silvestre; N-madera; O-conservación; P-artesanías; Q-ritual; R-cortina rompevientos; S-otros; T-tinta.
Tipo de vegetación: bq-bosque mesófilo/de encinos/de coníferas; btc – bosque tropical caducifolio; btp – bosque tropical perennifolio; bts – bosque tropical subcaducifolio; cult-cultivada; du-dunas; pl-palmar; pz-pastizal; va – vegetación acuática (incluye selva inundable/ripario/manglares/esteros); vs-vegetación secundaria.
Referencias para el tipo de vegetación: 1-Avendaño, 1998, 2-Castillo y Medina, 2005, 3-Castillo y Travieso, 2006, 4-Herbario XAL, 5-Ibarra *et al.*, 2012, 6-Lascurain *et al.*, 2010, 7-Moreno-Casasola e Infante, 2009, 8-Nash y Moreno, 1981, 9-Niembro *et al.*, 2010, 10-Pennington y Sarukhán, 2005, 11-Quero, 1994, 12-UNAM, 2009, 13-González *et al.* 2012a.

Las especies pueden pertenecer a más de un tipo de vegetación. Sesenta y tres por ciento de todas las especies ocurren en el bosque tropical subcaducifolio, 54% en el bosque tropical caducifolio y 40% en el bosque tropical perennifolio; 62% en zonas inundables; 60% como vegetación secundaria y 32% son cultivadas. Las especies que ocurren en más tipos de vegetación son *Bursera simaruba*, *Coccoloba barbadensis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia*, *Maclura tinctoria*, *Manilkara zapota*, *Muntingia calabura* y *Psidium guajava*. Muchas de estas especies también son comunes en vegetación secundaria o acahuales.

Se identificaron 22 usos distintos de los árboles, que fueron clasificados en tres grupos: uso maderable, uso extractivo y uso no extractivo. Los usos maderables requieren el tronco entero, lo que provoca que se elimine completamente el árbol; los usos extractivos usan alguna parte del árbol permitiendo que se regenere y los usos no extractivos son los beneficios que se obtienen del árbol completo y vivo, lo que le permite seguir su desarrollo natural. La tabla 3 muestra los tipos de uso y el número de especies registradas para cada uno. Los usos con una mayor diversidad de especies son el comestible (26 especies), sombra (20 especies), cerca viva (19 especies) y madera (16 especies); mientras que para los usos como artesanías, insecticida y ornamental se mencionó solo una especie para cada uno. Del total de usos, los maderables representan 18%, los extractivos 46% y los no extractivos 36%.

Usos maderables

Las especies con más usos de la categoría maderable y más mencionadas fueron *Tabebuia rosea*, *Cedrela odorata*, *Diphysa robinoides* y *Mangifera indica*. La tabla 4 muestra los usos y las características de algunas especies maderables. Para la construcción de muebles se requieren maderas finas y fuertes como las de *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*. Los árboles con fustes largos y derechos como *Zuelania guidonia* casi han desaparecido por completo. La producción de tinturas está en esta clasificación puesto que se utiliza el duramen de los árboles, es decir requiere troncos maduros, por ejemplo de *Diphysa robinoides*, *Haematoxylum campechianum* y *Maclura tinctoria*. Aunque en las comunidades no les dan este uso, los informantes lo refirieron.

Usos extractivos

Las especies más conocidas por el mayor número de usos extractivos y que fueron más mencionadas son *Gliricidia sepium*, *Maclura tinctoria*, *Guazuma ulmifolia* y *Pachira aquatica*. Para elaboración de artesanías se refirieron únicamente a las semillas de *Cedrela odorata*; sin embargo se observó que un grupo de artesanas de La Matamba elaboraba productos con semillas de *Cocos nucifera* y *Acrocomia aculeata*. Para el uso comestible se aprovechan los frutos (mesocarpo) de todas las especies citadas excepto de *Gliricidia sepium*, de la que se come la flor, y de las palmas *Acrocomia aculeata* y *Attalea butyracea*, de las que se come el endospermo de la semilla. Para el uso como

TABLA 2. Las veinte especies arbóreas con más menciones, usos, partes utilizadas e importancia cultural.

Lugar	Especies con más menciones	No. de menciones	Especies con más usos	No. de usos	Especies con más partes utilizadas	No. de partes	Especies con IIC más alto	IIC
1°	<i>Pachira aquatica</i>	14	<i>Gliricidia sepium</i>	11	<i>Gliricidia sepium</i>	6	<i>Cedrela odorata</i>	0.82
2°	<i>Gliricidia sepium</i>	12	<i>Maclura tinctoria</i>	10	<i>Ficus aurea</i>	6	<i>Gliricidia sepium</i>	0.79
3°	<i>Maclura tinctoria</i>	10	<i>Tabebuia rosea</i>	8	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	<i>Pachira aquatica</i>	0.57
4°	<i>Cedrela odorata</i>	10	<i>Pachira aquatica</i>	7	<i>Maclura tinctoria</i>	5	<i>Ehretia tinifolia</i>	0.53
5°	<i>Attalea butyracea</i>	10	<i>Cordia dodecandra</i>	7	<i>Cordia dodecandra</i>	5	<i>Maclura tinctoria</i>	0.47
6°	<i>Bursera simaruba</i>	10	<i>Mangifera indica</i>	7	<i>Pachira aquatica</i>	4	<i>Tabebuia rosea</i>	0.46
7°	<i>Tabebuia rosea</i>	9	<i>Ficus aurea</i>	6	<i>Diphysa robinoides</i>	4	<i>Attalea butyracea</i>	0.42
8°	<i>Ficus aurea</i>	9	<i>Diphysa robinoides</i>	6	<i>Salix humboldtiana</i>	4	<i>Cassia fistula</i>	0.37
9°	<i>Cordia dodecandra</i>	7	<i>Salix humboldtiana</i>	6	<i>Attalea butyracea</i>	4	<i>Azadirachta indica</i>	0.36
10°	<i>Diphysa robinoides</i>	7	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	<i>Bursera simaruba</i>	4	<i>Diphysa robinoides</i>	0.35
11°	<i>Salix humboldtiana</i>	7	<i>Cedrela odorata</i>	5	<i>Ficus crocata</i>	4	<i>Mangifera indica</i>	0.31
12°	<i>Caesalpinia cacalaco</i>	7	<i>Attalea butyracea</i>	5	<i>Tabebuia rosea</i>	3	<i>Ficus aurea</i>	0.29
13°	<i>Ficus crocata</i>	7	<i>Acacia cochliacantha</i>	5	<i>Mangifera indica</i>	3	<i>Cordia dodecandra</i>	0.28
14°	<i>Sabal mexicana</i>	7	<i>Ceiba pentandra</i>	5	<i>Cedrela odorata</i>	3	<i>Salix humboldtiana</i>	0.26
15°	<i>Mangifera indica</i>	6	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	5	<i>Acacia cochliacantha</i>	3	<i>Acacia cochliacantha</i>	0.25
16°	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	<i>Haematoxylum campechianum</i>	5	<i>Ceiba pentandra</i>	3	<i>Ficus cotinifolia</i>	0.25
17°	<i>Acacia cochliacantha</i>	6	<i>Bursera simaruba</i>	4	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	3	<i>Haematoxylum campechianum</i>	0.24
18°	<i>Ceiba pentandra</i>	6	<i>Caesalpinia cacalaco</i>	4	<i>Haematoxylum campechianum</i>	3	<i>Guazuma ulmifolia</i>	0.24
19°	<i>Diospyros nigra</i>	6	<i>Ehretia tinifolia</i>	4	<i>Caesalpinia cacalaco</i>	3	<i>Ficus yoponensis</i>	0.21
20°	<i>Roystonea dunlapiana</i>	5	<i>Annona reticulata</i>	4	<i>Annona reticulata</i>	3	<i>Sabal mexicana</i>	0.19

TABLA 3. Tipos de usos de los árboles y número de especies por cada uno.

Maderables	Extractivos	No extractivos
construcción de casas (13)	artesanías (1)	cerca viva (19)
madera (16)	comestible (26)	conservación de agua (4)
muebles (5)	forraje (12)	cortina rompevientos (2)
tinturas (3)	insecticida (1)	ornamental (1)
	leña (14)	refugio de vida silvestre (12)
	maduración de mangos (1)	ritual (2)
	medicinal (11)	sombra (20)
	postes (13)	tutor (1)
	techos (2)	
	utensilios (15)	

TABLA 4. Especies usadas para madera y construcción de casas, su uso y/o características.

Especie	Uso y/o características de la madera
<i>Acacia cochliacantha</i>	horquetas para enramadas*
<i>Attalea butyracea</i>	vigas y alfardas*
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	resistente a la intemperie, tiene una sustancia que irrita los ojos al trabajarla
<i>Diphysa robinoides</i>	madera muy dura
<i>Sabal mexicana</i>	vigas y alfardas*
<i>Salix humboldtiana</i>	madera suave para albañilería porque es fácil de clavar
<i>Tabebuia rosea</i>	varengas*
<i>Tabernaemontana alba</i>	madera suave
<i>Zuelania guidonia</i>	fustes derechos y largos, ideal para vigas*

* en la construcción de casas: las vigas son los troncos que soportan la mayor carga de la casa, las alfardas se colocan en los techos para sostener las hojas de palma, las varengas se usan para hacer corrales de madera, las horquetas son las ramas que tienen forma de Y, las las enramadas son las construcciones ligeras y temporales que se ponen para dar sombra.

forraje para diferentes tipos de ganado, se aprovechan los frutos de *Acacia cochliacantha*, *Annona reticulata*, *Attalea butyracea*, *Cordia dodecandra*, *Ficus aurea*, *Ficus yoponensis*, *Guazuma ulmifolia*, *Maclura tinctoria*, *Mangifera indica*, *Parmentiera aculeata*; las hojas de *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia*; y las flores de *Ceiba pentandra*. El uso como leña, principalmente para cocinar, se señaló como casi obvio, especialmente de aquellos árboles que no proveen otros beneficios; no obstante subrayaron las características de algunos de ellos (Tabla 5). Otro uso se da con las hojas de *Gliricidia sepium* cuando se mezclan con la fruta de mango (*Mangifera indica*) para acelerar su maduración. Para el uso medicinal las especies más señaladas fueron *Pachira aquatica*, *Pterocarpus officinalis* y *Cecropia obtusifolia*. La tabla 6 muestra las especies para las que se indicó la parte utilizada y el padecimiento para el cual se aplica.

Para postes se utilizan 13 especies, de las que sobresalen *Maclura tinctoria* por su durabilidad y *Gliricidia*

TABLA 5. Características de la leña de algunas especies usadas en la zona de estudio.

Especie	Características de la leña
<i>Acacia cochliacantha</i>	muy buena para hacer pan
<i>Ficus aurea</i>	buena para horno de ladrillos
<i>Gliricidia sepium</i>	no echa humo
<i>Guazuma ulmifolia</i>	puede arder en verde
<i>Maclura tinctoria</i>	echa chispas y truena
<i>Mangifera indica</i>	mala para cocinar pues no deja brasa, buena para horno de ladrillos

TABLA 6. Especies de árboles medicinales, los padecimientos que tratan y las partes que se utilizan.

Especie	Padecimiento (parte utilizada)
<i>Bursera simaruba</i>	sarampión, rubeola (hojas)
<i>Cecropia obtusifolia</i>	diabetes, dolor de huesos, reumatismo (hojas)
<i>Cordia cf. diversifolia</i>	dolor de rodillas (hojas)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	roña (corteza)
<i>Pachira aquatica</i>	diabetes (fruto)
<i>Parmentiera aculeata</i>	problemas de riñón (fruto)
<i>Psidium guajava</i>	diarrea (hojas)
<i>Pterocarpus officinalis</i>	diabetes, anemia (corteza)
<i>Randia sp.</i>	picaduras de víbora (fruto)

sepium y *Diphysa robinoides* por ser buenas madrinass-postes más fuertes situados en las esquinas y donde se tensa el alambre. Para conservar la frescura de las casas tradicionales –escasas hoy día– suelen fabricar techos de hojas de palmas de *Attalea butyracea* (también registrada en la literatura como *A. liebmannii*) y de *Sabal mexicana*. Los utensilios más comunes son cabos para azadones o hachas. La tabla 7 muestra otros utensilios derivados de los árboles y las partes de las que se obtienen. La pólvora no se utiliza propiamente en la comunidad pero los informantes conocen ese uso porque les han comprado árboles para su extracción.

TABLA 7. Ejemplos de utensilios que se obtienen de diferentes partes de los árboles y los materiales que los han ido sustituyendo.

Especie	Utensilios (parte utilizada)	Sustituto actual
<i>Castilla elastica, Ficus obtusifolia</i>	pelotas (látex)	juguetes de plástico
<i>Ceiba aesculifolia, Ceiba pentandra</i>	relleno de almohadas (vilano de las semillas)	relleno sintético de almohadas
<i>Cordia dodecandra</i>	fibra para lavar loza (hojas)	fibra de plástico
<i>Ficus aurea</i>	bateas (raíz), columpios (raíz)	lavadoras, cuerdas de diversos materiales
<i>Ficus obtusifolia</i>	mangas de hule (látex)	mangas de plástico
<i>Gliricidia sepium</i>	horquetas para detener trojas –manojos- de ajonjolí (ramas bifurcadas y jóvenes)	-
<i>Guazuma ulmifolia</i>	palos de escoba, cortineros (ramas derechas y jóvenes)	madera de pino de bajo costo
<i>Manilkara zapota</i>	chicle natural (látex)	chicle artificial
<i>Pachira aquatica</i>	yugos de yunta (raíz, tronco)	ya casi no se usa yunta, más tractor
<i>Salix humboldtiana</i>	escobas (ramas con hojas)	escobas de plástico

Usos no extractivos

A los árboles también se les reconocen propiedades que permiten aprovecharlos y beneficiarse de ellos por su sola presencia. Las especies con más usos de este tipo y más mencionadas fueron *Ehretia tinifolia*, *Pachira aquatica*, *Bursera simaruba*, *Maclura tinctoria* y *Ficus cotinifolia*. Como cercas vivas se refirieron principalmente *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba* y *Cordia dodecandra*. Para la conservación del agua emplean *Ehretia tinifolia*, *Ficus* spp., *Pachira aquatica* y *Salix humboldtiana*. Como cortina rompevientos usan *Casuarina equisetifolia* y *Ficus yoponensis*. Como ornamental está *Cassia fistula* –especie exótica- por sus vistosas flores amarillas. Como refugio de vida silvestre se nombraron especies que proveen frutos carnosos y numerosos como *Annona reticulata*, *Ficus* spp., *Maclura tinctoria* y *Manilkara zapota*; árboles con oquedades en su estructura como *Ehretia tinifolia* y *Ficus* spp., y de troncos muy altos como *Ceiba pentandra*. Para uso ritual *Ficus cotinifolia* sirvió para rezar bajo su copa para pedir por lluvias cuando hubo un tiempo pro-

longado de sequía y *Cedrela odorata* es considerado como árbol sagrado porque se dice que detrás de este árbol se escondió la virgen con el niño Jesús. Como especies para sombra más utilizadas están *Pachira aquatica*, *Ficus aurea*, *Gliricidia sepium*, *Mangifera indica* y *Tabebuia rosea*. Finalmente, el uso como tutor -el tronco sirve para dar sombra y crear las condiciones ambientales para soportar otras plantas de interés- señalaron a *Ehretia tinifolia* como tutor de *Hylocereus undatus* (pitaya – fruta comestible).

Partes que se utilizan

Gliricidia sepium, *Ficus aurea* y *Guazuma ulmifolia* son las especies de las que se usan más partes (Tabla 2). Se utiliza todo el tronco de 41% de las especies, lo que representa principalmente usos maderables; el fruto de 46%, la mayoría para uso comestible o medicinal; las ramas de 32%, usualmente para leña y postes; y las hojas de 19%. En menor número de especies se usan las flores, semillas, corteza, brotes, raíz y látex.



Cambios en la comunidad a lo largo del tiempo

Los informantes hablaron de la vida en las comunidades en las décadas de 1950 y 1960 aproximadamente. Los caminos eran de tierra y tardaban ocho horas en burro para llegar al Puerto de Veracruz (ciudad más cercana); hoy día tardan 30 minutos en auto. No tenían acceso a médicos ni medicamentos, vivían en casas de madera con techos de palma y estufas de leña, sobrevivían con lo que sembraban o colectaban en el bosque, cuya extensión era mucho mayor que la actual. El clima era más fresco, había más agua, las familias tenían muchos más miembros, no había acceso a escuelas. En los últimos 50 a 60 años el estilo de vida se ha transformado: hay mejores comunicaciones (i.e. carretera, teléfonos celulares, transporte público), hay acceso a clínicas y escuelas, las familias son más pequeñas, se ocupa menos tiempo en la preparación de comidas, hay entrada constante de otros productos envasados y procesados, hay electricidad, ha habido migración al extranjero o a las ciudades y la vegetación se ha reducido mucho. Estos cambios también trajeron nuevos materiales u objetos que sustituyeron parcial o totalmente a los que tradicionalmente se obtenían de los árboles (Tabla 7).

DISCUSIÓN

Los resultados de las encuestas y la búsqueda de informantes a través de la bola de nieve, muestran un fuerte sesgo de género entre los informantes; hay menos mujeres dueñas de terrenos que hombres, denotando que la ganadería es un gremio mayoritariamente masculino. No obstante 26% de mujeres informantes en este estudio sobrepasa 6% encontrado por Vilaboa y Díaz (2009), si bien estos autores manejaron una muestra diez veces mayor que la de este estudio. El número de especies registradas en este trabajo (68) es menor a lo encontrado sobre todo en zonas con población indígena (Casas *et al.*, 1994; Levy *et al.*, 2002; Rico *et al.*, 1991) o en trabajos extensos de etnobotánica (Toledo *et al.*, 1995), pero similar a lo encontrado por Muñoz (2006), que estudió el conocimiento de árboles que tenían los ganaderos en Costa Rica.

Usos

Se mencionaron muchos más usos que los meramente relacionados con la ganadería (postería, cerca viva, forraje y sombra), mostrando que los beneficios que se obtienen de los árboles no solo son para esta actividad económica sino que abarcan otras necesidades de la vida cotidiana. La categoría de usos maderables representa 18% de los tipos de utilización; no obstante, al utilizar todo el árbol se ponen en detrimento los usos extractivos y no extractivos. Por ejemplo, hay especies de plantas comestibles y medicinales como bejucos y herbáceas que crecen sobre los árboles y que se pierden como consecuencia de la tala. El uso para tinta no es muy habitual en la zona, pero cabe mencionar el caso de Brasil donde la especie *Caesalpinia echinata* fue llevada casi a la extinción para la extracción de tinta en tiempos de la colonización (Bolzani y Barreiro, 2006). Por ello, en especial para los usos maderables, es indispensable la planificación y la resiembra para evitar la desaparición de las especies que conlleva pérdidas irreparables del acervo genético, así como para lograr un manejo más sustentable.

En cuanto a los usos extractivos, el uso comestible fue el más recurrente (*ca.* 38% de las especies). Sin embargo ha cambiado el consumo de frutos silvestres y se ha ido reemplazando por otras frutas cultivadas o que llegan desde otros lugares. Por esta razón posiblemente los árboles ya no son una fuente tan importante de alimento aunque antiguamente sí lo fueron. Por ejemplo, el fruto del coyol (*Attalea butyracea*) era consumido para hacer tortillas y atoles pero este conocimiento y costumbre ya solo queda en las personas mayores (González *et al.*, 2012a). Las especies de árboles que actualmente se consumen son usualmente frutales que no pertenecen al bosque nativo como el mango, el aguacate y el tamarindo; o bien, ya solo se consumen algunas variedades que tampoco son nativas del lugar, como el caso de las guayabas que vienen de fuera. En un vivero local de un grupo de mujeres de la comunidad, las plantas más buscadas por la propia comunidad son estos frutales. Por lo tanto, el uso comestible no sería tan preponderante si solo se consideran las especies nativas; los árboles frutales probablemente no requieren medidas de conservación pero los árboles de bosque nativo

sí las pueden necesitar. En este sentido, Lascurain *et al.* (2010) proponen recuperar el consumo de frutos nativos como estrategia para aumentar la seguridad alimentaria rural y ayudar a conservar las especies locales. El uso medicinal de los árboles sigue siendo importante en la zona (Escamilla, 2013) y representa 16% de las especies de este estudio. Las tres especies más usadas son para tratamiento de la diabetes (Tabla 6), una enfermedad relativamente reciente en las zonas rurales y que se ha incrementado por el consumo de comida de baja calidad nutricional (Jiménez, 2007), revelando un cambio radical en los hábitos de la población en detrimento de su salud. Para la construcción de techos, las especies usadas se limitan a dos tipos de palmas, coincidiendo con González *et al.* (2012a). El uso de una tercera palma de humedales, *Roystonea dunlapiana*, es más limitado porque es más escasa, crece lentamente, ha sido muy afectada por la disminución de humedales y está protegida legalmente (González *et al.*, 2012a). Asimismo, las palmas se han sustituido por materiales como lámina o cemento, aunque los precios sean mayores y guarden más calor dentro de las casas (González *et al.*, 2012a). El uso para leña en la zona es muy común; en México y otras zonas rurales a nivel mundial la leña aporta 80% de la energía usada en el campo (Abbot *et al.*, 1997, Masera *et al.*, 2006). La identificación de las características de la leña por los informantes de este estudio es similar a los resultados de Abbot *et al.* (1997) en el centro sur de África, quienes también aprecian propiedades como la duración de la brasa.

Dentro de los usos no extractivos de los árboles sorprende que no se haya mencionado la producción de miel. No hubo menciones de que se haya realizado esta actividad en la zona a pesar de que varias especies –e.g. *Bursera simaruba*, *Persea americana*– tienen ese potencial (Montoy, 2010). El uso para sombra, en especial de *Mangifera indica* y *Ficus* spp. coinciden con las sombras consideradas como “buenas” encontradas por Muñoz (2006) en Costa Rica. Ese mismo autor recalca que cuando una sombra es demasiado densa tampoco gusta tanto a los ganaderos pues impide el crecimiento del pasto. Este es uno de los factores limitantes para la adopción de sistemas silvopasto-

riles, que combinan la producción de ganado con el aprovechamiento sistemático de los árboles (Mahecha, 2003).

Otros usos no extractivos que resultaron de esta investigación tienen que ver con los servicios ecosistémicos (*sensu* Millenium Ecosystem Assessment, 2005): de aprovisionamiento como la conservación del agua; de regulación como el control de la erosión por la protección del viento con las cercas vivas; de soporte de la biodiversidad como el hábitat de fauna silvestre; y culturales como el uso ritual de algunas especies. Esta valorización no material por parte de los informantes puede favorecer la conservación de los árboles (Svorc y Oliveira, 2012).

Importancia cultural

El índice de importancia cultural (IIC) mostró las especies más significativas para este grupo de informantes al momento de la entrevista, es decir, si se preguntara a otros informantes con otros intereses, las especies serían distintas. Asimismo, preguntar a los mismos informantes hace 50 años hubiera dado otro resultado. Esta metodología permitió registrar los árboles más apreciados por los ganaderos de hoy en día, no obstante se encontró que las especies con valor más alto no necesariamente corresponden a las más usadas en la actividad ganadera. Al calcular el IIC, las especies que son únicas para un uso en particular ganan un puntaje muy alto, el valor total de uso (vut_z) se dispara frente a los otros dos parámetros (intensidad de uso y frecuencia de mención) del indicador. Por ejemplo en el caso de *Ehretia tinifolia* –es el único usado como tutor y de los pocos mencionados para la conservación del agua– y en principio se encuentra en los primeros cinco lugares de importancia cultural, pero si no se considera el vut_z , pasa hasta el lugar 16 de la lista. Cuando una especie es la única para un uso, el índice considera que tiene una importancia cultural más alta porque no tiene sustitutos. Es interesante el caso de *Cedrela odorata* que tiene el IIC más alto de todas las especies; aunque no sobresale ni en el número de usos ni en el número de partes que se utilizan (Tabla 2); el resultado del índice logra reflejar que es uno de los árboles favoritos en la comunidad como fue indicado por los informantes.



Vegetación

Los resultados muestran la importancia de las especies de vegetación secundaria, que es similar al estudio de Chazdon y Coe (1999), quienes hallaron que 70% de las especies leñosas muestreadas en su estudio eran de este tipo de vegetación. Ello indica que aunque haya un fuerte problema de perturbación del bosque primario, la vegetación secundaria provee también múltiples beneficios y es de interés para los usuarios locales. La vegetación de humedales, principalmente de selva inundable, es importante en la zona. El trabajo de Infante *et al.* (2014) demuestra la importancia de conservar este tipo de ecosistemas para beneficio de la sociedad local, lo que hace urgente tomar acciones que conserven los humedales funcionales para seguir suministrando servicios ecosistémicos, como aprovisionamiento de agua, contención de inundaciones, entre otros.

Algunas especies exóticas como *Azadirachta indica*, *Cocos nucifera*, *Gmelina arborea* y *Casuarina equisetifolia* fueron introducidas en la zona. Algunas de ellas han sido promovidas para aumentar la productividad o dar alternativas económicas a los productores, sin embargo ha faltado mayor atención a posibles consecuencias de la introducción de estas especies como plagas sin enemigos naturales, especies invasoras y desequilibrio en los procesos ecológicos (Vázquez y Batis, 1996). Cabe decir que en la región no se mencionó ningún problema en este sentido. Por otra parte, aunque *Mangifera indica* es una especie exótica, lleva más de 60 años en la región (Escamilla, 2013) y ya es uno de los árboles con mayor número de usos. En contraste, *Azadirachta indica* se introdujo hace pocos años y aunque tiene muchos usos en India, su lugar de origen (Biswas *et al.*, 1995), en la zona solamente se utiliza como insecticida. Esto sugiere que el conocimiento local se va enriqueciendo con la experiencia empírica sobre el uso de los recursos arbóreos, incluso en poblaciones no indígenas.

Cambios a lo largo del tiempo

La información sobre el estilo de vida en las décadas de 1950 y 1960 coincide con las fechas en que el uso de los árboles era más intensivo y se había desmontado 32%

de los terrenos de este estudio. Esto podría mostrar que había una mayor cantidad de bosque y se hacía un uso más diverso de los árboles, lo cual presupone un amplio conocimiento sobre los mismos. No obstante, algunos autores han demostrado que la pérdida de árboles no necesariamente motiva a los locales a sembrar más (Kishor y Mitchell, 2004), especialmente si hay sustitutos para su uso (Gordon *et al.*, 2003), como en el caso de este estudio. Moreno-Casasola y Paradowska (2009) encontraron que en los bosques tropicales caducifolios de las dunas, hay especies que la gente reconoce y aprecia, pero no están dispuestos a sembrar aunque ya no haya, debido a que se propagan solos (aunque después no se cuiden las condiciones para favorecer su desarrollo) o no hay seguridad de quién utilizará esos individuos en el futuro.

El mecanismo de búsqueda de informantes por bola de nieve muestra que en la propia zona no se reconoce que la gente más joven (menor de 40 años) se dedique a la actividad ganadera o tenga muchos conocimientos sobre el uso de los árboles. En los resultados se nota que aunque los productores actuales poseen conocimientos sobre el uso de los árboles, ya no lo están utilizando porque ya no lo necesitan (como el caso de *Attalea butyracea*) o porque ya son muy escasos (como el caso de *Zuelania guidonia*). Ante esto, parece probable una pérdida del conocimiento tradicional, pues difícilmente pasará a la siguiente generación (Reyes, 2009; Marín, 2013).

CONCLUSIONES

Los ganaderos entrevistados poseen un amplio conocimiento sobre las especies arbóreas y sus usos. El presente trabajo es una contribución importante para la documentación de este acervo de conocimiento etnobotánico ante su probable pérdida en el futuro próximo. El tipo, el uso, la cantidad y la salud de los árboles son un reflejo del modo de vida de los habitantes de la zona, incluyendo sus necesidades, preferencias e influencias. Si bien el estilo de vida actual tiene beneficios para la población, como mayor comodidad o mayor acceso a información, también tienen repercusiones como nuevas enfermedades, hábitos de ali-

mentación menos saludables y desapropiación de los recursos naturales. La sustitución de materiales naturales por la utilización de plásticos por ejemplo, ha disminuido la presión hacia los árboles pero por otro lado ha aumentado la cantidad de residuos no biodegradables, entre otros efectos secundarios.

La pérdida de la vegetación arbórea y de sus servicios ecosistémicos es un problema complejo que exige la renovación de la actividad ganadera con acciones en favor de la sustentabilidad. El trabajo de incrementar el arbolado en potreros es una vía importante para mantener la conectividad, ayudar a la conservación de la biodiversidad y el germoplasma y mantener tradiciones. Esto se vuelve primordial al considerar la gran extensión de tierra dedicada a la ganadería en Veracruz, así como por el bienestar de las localidades rurales usuarias de estos recursos. La configuración del paisaje depende en gran medida de las decisiones individuales de cada propietario de terrenos, haciendo urgente el trabajo con este gremio para favorecer la conservación de sus recursos. En este sentido, ya existen incentivos de la Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) que impulsan el mantenimiento de arbolado en los potreros, aunque pocos ganaderos hacen uso de estas posibilidades. Por otro lado se requiere trabajo de educación ambiental e incentivos para la siembra y sobre todo para el cuidado de los árboles sembrados, no solo en plantaciones sino bajo las condiciones actuales de actividad agropecuaria. Algunas acciones son promover un mayor uso de los árboles nativos en los potreros, tanto en sistemas silvopastoriles como en cercas vivas; impulsar plantaciones para producción de leña; sembrar especies nativas para recuperación del acervo genético; valorizar los recursos comestibles silvestres; mantener las zonas riparias forestadas y mantener y manejar los árboles aislados dentro de los potreros. Para evitar la pérdida del conocimiento de usos tradicionales es fundamental involucrar a las generaciones más jóvenes, que próximamente estarán encargadas del manejo de su territorio y los recursos naturales. Asimismo, se puede enriquecer este trabajo en el futuro estudiando más a fondo la abundancia, composición y estado sucesional de

las especies de árboles presentes en la actualidad, así como investigar de forma cuantitativa los cambios en la necesidad de uso de materiales derivados de los árboles. En suma, la conservación de los árboles, su conocimiento y los servicios ecosistémicos que proveen requiere una población rural más activa y formada, que conozca sus recursos y tenga más bases de conocimiento para tomar decisiones y para ayudar a moldear las políticas que regulan su territorio (Lazos-Ruíz *et al.*, 2013).

RECONOCIMIENTOS

A todos los entrevistados y sus familias, Abraham Juárez (†), Maricruz Peredo (†), Carlos Ramírez, Rubén Lazos y los revisores anónimos cuyos comentarios ayudaron a mejorar este artículo. Esta investigación fue realizada con fondos de OIMT del proyecto RED-PD 045/11 Rev.2 (M) y la beca doctoral otorgada por Conacyt a la primera autora (no. 208529).

REFERENCIAS

- Abbot, P., J. Lowore, C. Khofi y M. Werren. 1997. Defining firewood quality: a comparison of quantitative and rapid appraisal techniques to evaluate firewood species from a Southern Africa Savanna. *Biomass and Bioenergy* 12(6):429-437.
- Avendaño, S. 1998. Bombacaceae. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. 42 p.
- Avendaño, S. e I. Acosta. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Madera y Bosques* 6(1):55-71.
- Ávila, D., O. Rosas, L. Tarango, J. Martínez y E. Santoyo. 2011. Conocimiento, uso y valor cultural de seis presas del jaguar (*Panthera onca*) y su relación con éste, en San Nicolás de los Montes, San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1020-1028.
- Bellefontaine, R., S. Petit, M. Pain-Orcet, P. Deleporte, y J. Bertault. 2002. Los árboles fuera del bosque. Guía FAO Conservación 35. 237 p.
- Betancourt, K., M. Ibrahim, C. Harvey y B. Vargas. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Mati-



- guás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería de las Américas* 10(39-40):47-51.
- Biswas, S., P. Singh y S. Chandra. 1995. Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) a versatile multipurpose tree. *The Indian Forester* 121(11):1057-1062.
- Bolzani, C. y E. Barreiro. 2006. Os productos naturais e a química medicinal moderna. *Química Nova* 29(2):326-337.
- Bravo, L., O. Doode, A. Castellanos e I. Espejel. 2010. Políticas rurales y pérdida de cobertura vegetal. Elementos para reformular instrumentos de fomento agropecuario relacionados con la apertura de praderas ganaderas en el noroeste de México. *Región y Sociedad* 22(48):3-35.
- Casas, A. 2001. Silvicultura y domesticación de plantas en Mesoamérica. In: B. Rendón, S. Rebollar, J. Caballero y M. Martínez, eds. *Plantas, Cultura y Sociedad*. UAM-Semarnat. México, D.F. p:123-158.
- Casas, A., J. Viveros y J. Caballero. 1994. Etnobotánica mixteca: sociedad, cultura y recursos naturales en la montaña de Guerrero. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes e Instituto Nacional Indigenista. México, D.F. 366 p.
- Castillo, G. y M. Medina. 2005. Árboles y arbustos de la Reserva Natural de La Mancha, Veracruz. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. 144 p.
- Castillo, G., y A. Travieso. 2006. La Flora. In: P. Moreno-Casasola, ed. *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. p:171-204.
- Céspedes, S. y E. Moreno. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación ambiental. Ciencia y política pública* 2(2):5-13.
- Chazdon, R. y F. Coe. 1999. Ethnobotany of woody species in second-growth, old-growth, and selectively logged forests of northeastern Costa Rica. *Conservation Biology* 13(6):1312-1322.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2012. Inventario nacional forestal y de suelos. Informe 2004-2009. Conafor-Semarnat. Zapopan. 212 p.
- Davis, C., H. Gallardo y K. Lachlan. 2010. Talking straight about communication research methods. Kendall Hunt Publishing Co. Dubuque. 448 p.
- Escamilla, B. 2013. Valoración del servicio ambiental de provisión de los recursos naturales de un potrero derivado de selva-palmar inundable, en Jamapa, Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada. 133 p.
- Esquivel, H., M. Ibrahim, C. Harvey, C. Villanueva, T. Benjamin y F. Sinclair. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):24-29.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Estudio FAO Montes 163. Roma. 346 p.
- Gómez, H., D. Galdámez, F. Guevara, A. Ley y R. Pinto. 2013. Evaluación de áreas ganaderas en la zona de amortiguamiento de una reserva natural en Chiapas, México. *Información Técnica Económica Agraria* 109(1):69-85.
- Gómez-Pompa, A. 1987. On Maya Silviculture. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos* 3(1):1-17.
- González, R., P. Moreno-Casasola, R. Orellana y A. Castillo. 2012a. Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability* 14(4):541-555.
- González, R., P. Moreno-Casasola, R. Orellana y A. Castillo. 2012b. Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 11(3):408-413.
- Gordon, J., A. Barrance y K. Schreckenberg. 2003. Are rare species useful species? Obstacles to the conservation of tree diversity in the dry forest zone agro-ecosystems of Mesoamerica. *Global Ecology and Biogeography* 12(1):13-19.
- Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. 2005. Los árboles que la selva dejó atrás. *Interciencia* 30(10):595-601.
- Guevara, S. y P. Moreno-Casasola. 2008. El dilema de los recursos naturales: La ganadería en el Trópico de México. *Guaragua* 29:9-23.
- Ibarra, G., G. Cornejo-Tenorio, N. González-Castañeda, E. Piedra-Malagón y A. Luna. 2012. El género *Ficus* L. (Moraceae) en México. *Botanical Sciences* 90(4):389-452.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009. Información por municipio. Prontuario de

- información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Jamapa, Veracruz de Ignacio de la Llave, en línea en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/30/30090.pdf>. Consultada en febrero 2014.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2010. Principales Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, en línea en http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi_result/cpv2010_principales_resultadosI.pdf. Consultada en febrero 2014.
- Infante, D., P. Moreno-Casasola y C. Madero. 2014. ¿*Pachira aquatica*, un indicador del límite del manglar? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:143-160.
- Jimenez, A. 2007. Obesidad, diabetes y pobreza: costos e implicaciones. *Ciencias* 58(2), en línea en <http://www.revista-ciencia.amc.edu.mx/>. Consultada en febrero 2014.
- Kishor, K. y C. Mitchell. 2004. Do socio-psychological factors matter in agroforestry planning? Lessons from smallholder traditional agroforestry systems. *Small-scale Forest Economics, Management and Policy* 3(2):239-255.
- Landgrave, R. y P. Moreno-Casasola. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación ambiental. Ciencia y política pública* 4(1):19-35.
- Lascurain, M., S. Avendaño, S. del Amo y A. Niembro. 2010. Guía de frutos comestibles en Veracruz. Conafor-Conacyt. México. 144 p.
- Lazos-Ruiz, A., P. Moreno-Casasola y E. Galante. 2013. Empresa Rural Verde: desarrollando criterios de sustentabilidad con la comunidad rural. *Revista Forum de Sostenibilidad* 6:3-16.
- Letts, L., S. Wilkins, M. Law, D. Stewart, J. Bosch y M. Westmorland. 2007. Guidelines for critical review form: qualitative studies. McMaster University. Ontario. 12 p.
- Levy, S., J. Aguirre, M. Martínez y A. Durán. 2002. Caracterización del uso tradicional de la flora espontánea en la comunidad Lacandona de Lacanhá, Chiapas, México. *Interciencia* 27(10):512-520.
- Lindenmayer, D., W. Laurance, y J. Franklin. 2012. Global decline in large old trees. *Science* 338(6112):1305-1306.
- López-Austin, A. 1997. El árbol cósmico en la tradición mesoamericana. *Monografías del Jardín Botánico de Córdoba* 5:85-98.
- Mahecha, L. 2003. Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 16(1):11-18.
- Marín, J. 2013. Balance neto de carbono en suelos de humedales costeros de agua dulce: implicaciones ecológicas y sociales. Tesis Doctoral. Universidad Veracruzana. Xalapa. 155 p.
- Masera, O., R. Díaz y V. Berrueta. 2006. Programa para el uso sustentable de la leña en México: de la construcción de estufas a la apropiación de la tecnología. *Revista Digital Entorno TCSD* 03-05.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water. World Resources Institute. Washington, D.C. 68 p.
- Montoy, L. 2010. Estudio apibotánico para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales en la región de las montañas, Veracruz. Tesis de grado para Ingeniero Agrónomo. Instituto Tecnológico de Chiná. Campeche. 70 p.
- Moreno, A. 2011. Efectos ambientales del Programa Nacional de Desmontes, México, 1972-1982. Tesis de posgrado para Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí y Universidad de Ciencias Aplicadas de Colonia. Colonia. 119 p.
- Moreno-Casasola, P. y D. Infante. 2009. Manual del Manglar y Selvas Inundables. Instituto de Ecología, A.C., Conafor, OIMT. Xalapa. 101 p.
- Moreno-Casasola, P. y K. Paradowska. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques* 15(3):21-44.
- Muñoz, D. 2006. Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. *Revista de Ciencias Agrícolas* 23 (1):155-170.
- Nash, D. y N. Moreno. 1981. Boraginaceae. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología A.C. Xalapa. 307 p.
- Niembro, A. 2001. Las diásporas de los árboles y arbustos nativos en México: posibilidades y limitaciones de uso en pro-



- gramas de reforestación y desarrollo agroforestal. *Madera y Bosques* 7(2): 3-11.
- Niembro, A., M. Vázquez y O. Sánchez. 2010. Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica. Gobierno de Veracruz. Xalapa. 253 p.
- Pennington, T. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. UNAM, Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 523 p.
- Quero, H. 1994. Palmae. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología A.C. Xalapa. 118 p.
- Reyes, V. 2009. Conocimiento ecológico tradicional para la conservación: dinámicas y conflictos. *Papeles* 107:39-55.
- Rico, V., A. Chemás y S. Mandujano. 1991. Uses of tropical deciduous forest species by the Yucatecan Maya. *Agroforestry Systems* 14(2):149-161.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 505 p.
- Sedarpa (Secretaría de Desarrollo Agropecuario Rural y Pesca). 2012. Programa veracruzano de agricultura, ganadería, forestal, pesca y alimentación 2005-2010, en línea en <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/files/2012/01/tf07-ps-sedarpa.pdf>. Consultada en septiembre 2015.
- Sefiplan (Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz). 2013. Cuadernillos Municipales. Jamapa. Sistema de Información Municipal. Veracruz. 10 p.
- Svorc, R. y R. Oliveira. 2012. Uma dimensão cultural da paisagem: biogeografia e história ambiental das figueiras centenárias da Mata Atlântica. *GEOUSP-espaço e tempo* 32:140-160.
- Tarrés, M. L. 2004. Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social. Flacso. México, D.F. 407 p.
- Toledo, V. 1990. El proceso de ganaderización y la destrucción ecológica de México. In: E. Leff, coord. Medio ambiente y desarrollo en México. UNAM-CIIH-Porrúa. México, D.F. p:191-228.
- Toledo, V., A. Batis, R. Becerra, E. Martínez y C. Ramos. 1995. La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia* 20(4):177-187.
- Travieso-Bello, A. y P. Moreno-Casasola. 2011. Sustentabilidad de la ganadería bovina: el caso de la costa de Actopan, Veracruz, México. In: M. Sánchez, A. Contreras y E. Kauffer, coord. La encrucijada en México rural. Contrastes regionales en un mundo desigual. Asociación Mexicana de Estudios Rurales. México, D.F. p:291-316.
- Turner, N. 1988. The importance of a rose. Evaluating the cultural significance of plants in Thompson and Lilloet Interior Salish. *American Anthropologist* 90:272-290.
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2009. Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana. En línea en <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx>. Consultado en febrero 2014.
- Vázquez, C. y A. Batis. 1996. Adopción de árboles nativos valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58:75-84.
- Vilaboa, J. y P. Díaz. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical* 27(4):427-436.
- Villa, A., M. Nava, S. López, S. Vargas, E. Ortega y F. Gallardo. 2009. Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(2):253-261.

Manuscrito recibido el 12 de junio de 2014.

Aceptado el 13 de octubre de 2015.

Este documento se debe citar como:

Lazos-Ruiz, A., P. Moreno-Casasola, S. Guevara S., C. Gallardo y E. Galante. 2016. El uso de los árboles en Jamapa, tradiciones en un territorio deforestado. *Madera y Bosques* 22(1):17-36.

Anexo 1. Entrevista semiestructurada utilizada en el municipio de Jamapa.

I. Datos del entrevistado

Nombre

Edad

Comunidad

Ocupación

¿Su terreno se inunda?

II. Árboles

¿Qué árboles conoce y utiliza?

¿Para qué?

¿Qué partes del árbol usa?

III. Cambios en el tiempo

¿Hace cuánto tiempo fue desmontado su terreno?

¿Cómo era la vida antes?

¿Cómo ha cambiado esta comunidad desde que usted se acuerda?

¿Los árboles tenían otros usos?



Desarrollo forestal comunitario sustentable en la región norte de México y su desafío en el contexto de la **globalización**

Sustainable forest community development in northern
Mexico and its challenge in the globalization context

Concepción Luján Álvarez^{1*}, Jesús Miguel Olivas García¹, Hilda Guadalupe González Hernández², Susana Vázquez
Álvarez³, José Ciro Hernández Díaz⁴ y Humberto Luján Álvarez⁵

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Chihuahua. Mex. jolivas@live.com.mx.

² Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco. hilda.gonzález@conafor.gob.mx.

³ Consultora Forestal. Ciudad Delicias, Chihuahua. p76977@gmail.com.

⁴ Universidad Juárez del Estado de Durango. Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Durango, Dgo. jciroh@ujed.mx

⁵ Secretaría de Educación Pública. Centro de Estudios Tecnológicos y de Servicios # 122. Chihuahua, Mex. hlujan@prodigy.net.mx

* Autor para correspondencia: clujan12@hotmail.com

RESUMEN

Los objetivos del estudio fueron analizar el desarrollo forestal comunitario sustentable en la región norte de México, en los estados de Chihuahua y Durango, considerando la organización comunitaria, flexibilidad, innovación, capacidad de respuesta, competitividad y colaboración, así como comercialización, ante la continua apertura de mercados. También, establecer una estrategia integral para impulsar el desarrollo forestal comunitario sustentable en ambos estados, como una región forestal conjunta-clúster forestal, en el contexto de la globalización económica. En el estudio fueron aplicadas encuestas a ejidos/comunidades, considerando la tipología de las cuatro categorías de productores forestales de Conafor, así como a informantes clave externos y además se incluyeron evidencias documentales. Los resultados muestran que ejidos y comunidades no son competitivos y tienen limitada organización; por esta razón, la estrategia integral propuesta incluye la integración horizontal y vertical de la cadena productiva, así como el empoderamiento de ejidos y participación comunitaria. Esta estrategia integral pretende fomentar la competitividad del desarrollo forestal comunitario sustentable en la globalización.

PALABRAS CLAVE: clúster forestal, competitividad forestal, comunidad forestal sustentable, estrategia forestal integral, ejidos forestales, globalización económica.

ABSTRACT

The objectives of this research were to analyze the sustainable community forestry in northern Mexico, in the states of Chihuahua and Durango, regarding the current status of communitarian organization, flexibility, responsiveness and innovation, competitiveness and collaboration, and marketing forest, at the continued opening of markets. Also, to establish an integral strategy to promote sustainable community forestry in both states, as a joint forest region-forest cluster, in the context of economic globalization. In the study, surveys were applied to ejidos/communities, considering Conafor's type of the four categories of forest producers, and to external key informants; also, documentary evidences were consulted in accordance with the objectives of the study. The results show that ejidos and communities are not competitive and that they have limited organization; for this reason, the proposed integral strategy includes the horizontal and vertical integration of the productive chain, empowerment, and community participation. The integral strategy aims to foster the competitiveness of sustainable community forestry development in the globalization.

KEYWORDS: forestry cluster, forestry competitiveness, sustainable community forestry, integral forestry strategy, forest ejido, economic globalization.

INTRODUCCIÓN

En la globalización, con la apertura de mercados, hay nuevas oportunidades y desafíos para que las inversiones, el capital y las tecnologías aporten ventajas comparativas y competitivas para el desarrollo de la empresa o comunidad (Porter, 1990). En este contexto, la asociatividad de empresas, y en específico las empresas forestales comunitarias (EFC), continúa emergiendo en el mundo como una estrategia para avanzar en niveles de competitividad (Nolan, 2001; Gill, 2002; Cortave, 2003; Scherr, White y Kaimowitz, 2003), facilitando el “empoderamiento” comunitario para su mejor desarrollo (Redclift, 1987; Friedmann, 1992; Hirschman, 1993).

Globalización económica y competitividad forestal

Los bosques del mundo y el desarrollo del sector forestal están mostrando cambios sin precedente en los aspectos climáticos, socioeconómicos, políticos y biológicos. Por ello, es necesario establecer y operar principios amplios y promover cambios que permitan incrementar las capacidades adaptativas de los bosques y el sector forestal ante un futuro de incertidumbre (Messier *et al.*, 2015).

Los procesos de apertura internacional e integración representan, en apariencia, un poderoso instrumento para la expansión del comercio y la inversión entre países (Smith y Cossio, 2008). A la vez, estudios han mostrado que existe una correlación positiva con significancia entre el nivel de sustentabilidad de las prácticas de administración estratégica y la efectividad en los mercados de las empresas (Witek-Crabb, 2012). Por ello, la fuerte competencia y la complejidad, prevaleciente en momentos en que la globalización tiene cada vez más auge e impacto, están marcando tendencias para que las organizaciones concentren sus esfuerzos en gestionar estratégicamente y de manera participativa sus capacidades para impulsar un desarrollo sustentable con visión de futuro (Trejo, 2013). Por ello, la experiencia de las organizaciones indica que el mejor camino para alcanzar la capacidad de competir es a través de la tecnología e innovación, factores clave de la competitividad (Carroz, 2005).

A nivel internacional, la relevancia de la competitividad en la producción forestal sustentable ha ido en aumento debido a los grandes retos que ha significado la globalización económica. En función de lo anterior, en el ámbito nacional se han encaminado esfuerzos a la búsqueda de vías institucionales, legales y financieras que permitan mejorar la competitividad del sector forestal y a la vez ser consistentes con los planteamientos del desarrollo sustentable establecido en la política forestal nacional. Sin embargo, la tarea de elevar el nivel de competitividad en el sector forestal ha demostrado ser un tema altamente complejo debido a que esta incluye muchos factores críticos asociados. Uno de ellos, es la aplicación de un proceso de descentralización en la toma de decisiones de manera participativa, ya que hay experiencias, como en India, que demuestran el impacto positivo en los estándares de vida, en general, mejorando indicadores de bienestar de la población local (Kshitij, 2015).

En América Latina, una estrategia considerada en el desarrollo forestal comunitario (DFC) y en las EFC ha sido el acompañamiento externo a la comunidad (Bonita *et al.*, 2002; Sabogal *et al.*, 2008). En este ámbito latinoamericano, México y algunos países de América Central son los más avanzados en la promoción del DFC y las EFC. Adicionalmente, prevalecen figuras jurídicas para el DFC basadas en el otorgamiento de derechos usufructuarios; sin embargo, los derechos de propiedad comunal se dan en pocos casos, como en los ejidos en México y Guatemala (Dietmar y Donovan, 2008).

Por otra parte, la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) ha sido un paso histórico en el proceso de globalización, toda vez que es necesario eliminar barreras comerciales y mejorar las políticas nacionales que favorezcan el comercio (Klooster, 2003; Villarreal, 2010; Secretaría de Economía, 2013). En lo que respecta al desarrollo forestal en México, en particular los ejidos forestales han sido afectados; entre otras causas, por la apertura comercial y la falta de capacidad para competir con mercados extranjeros, factores que impactan directamente en el bienestar de los ejidatarios forestales.



Antecedentes del desarrollo forestal comunitario sustentable

Nivel nacional

Durante el período 2004-2013 la producción forestal maderable ha disminuido de forma constante, iniciando con 6.7 millones de metros cúbicos rollo (m^3r) en 2004 y finalizando este período con 5.9 millones de m^3r . Desde inicios de esta década la disminución ha sido continua, con excepción de los años 2006, 2007 y 2012, en los cuales la producción alcanzó un aumento, alcanzando 6.5, 7.0, y 5.9 millones de m^3r , respectivamente, lo que representa un incremento de 0.9%, 7.8% y 7.4% con respecto al año anterior. Adicionalmente, en los años 2010 y 2011 se registraron las más bajas producciones durante el período, ya que se obtuvo un volumen de 5.6 y 5.5 millones de m^3r , respectivamente, con una disminución de 3.1% y 2.2% con respecto al año anterior. Para 2013, la producción forestal maderable se mantuvo prácticamente estable en comparación con el año anterior con 5.88 millones de m^3r , lo que significó un decremento de 0.5% (Semarnat, 2013). A la vez, de acuerdo con Semarnat (2013), los principales productos que se obtuvieron durante el año 2013 fueron: la madera para aserrío (escuadría y durmientes) con 74.9% de la producción (4.4 millones de m^3r), los combustibles (leña y carbón) con 11.3% (662 000 m^3r) y el restante 13.8% (813100 m^3r) se destinó a celulósicos, chapa y *tri-play* y postes, pilotes y morillos.

En México, el sector forestal es reconocido por la proporción de propiedad social de sus bosques, ya que 51% de los bosques están bajo propiedad de los ejidos/comunidades forestales (EyCF) (Cubbage *et al.*, 2013), mismos que son una forma de tenencia comunal de la tierra (Bray y Merino, 2004). Existen 2400 ejidos que aprovechan sus bosques y las áreas forestales del país están habitadas por 11 millones de personas, con 43 etnias con 5 millones de indígenas. Por lo tanto, de acuerdo con Segura (2011), la forestería comunitaria constituye un modelo que avanza en la derrama e impacto de sus beneficios, por lo que México continúa aportando experiencias exitosas a nivel mundial, siendo un referente en el manejo de bosques comunitarios y cambio climático.

Por ello, la política forestal en México ha considerado a los bosques y el agua como prioridad nacional y es así como, en el marco de una nueva política sectorial federal 2013-2018, el Gobierno Federal actual establece específicamente la Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Producción y Productividad Forestal (2013-2018) (Conafor, 2013). Esta estrategia tiene tres componentes: fortalecimiento empresarial comunitario, silvicultura y manejo forestal, así como abasto y transformación. (Semarnat-Conafor, 2013a; 2013b). No obstante, el DFC enfrenta desafíos relacionados, entre otros aspectos, con el desarrollo organizacional, cultura empresarial, reconversión industrial y competitividad (Merino, 2001; Bray *et al.*, 2003; Bray y Merino, 2004). Respecto a la industria de la madera, uno de los principales problemas que enfrenta la producción nacional de madera aserrada es la pérdida de competitividad frente a la madera de importación (Flores *et al.*, 2007).

Forestería comunitaria sustentable en México

En México, la política forestal considera a los bosques y el agua como prioridad nacional y, de acuerdo con ello, se ha reconocido la importancia de la forestería comunitaria (EyCF), como parte fundamental de la estrategia nacional para transitar al desarrollo forestal sustentable, toda vez que son poseedores de 80% de la superficie forestal nacional (Conafor, 2001). A pesar de la riqueza biológica y el potencial de sus bosques, 55% de las aproximadamente 12 millones de personas que viven en estas zonas, se encuentran en extrema pobreza. Menos de 15% de los bosques en México son manejados y la contribución del sector al PIB es pequeña, con un promedio de solo 1.5% durante el período comprendido entre 2000 y 2009 (Cubbage *et al.*, 2013).

La forestería comunitaria se entiende como una unidad territorial que incluye recursos naturales, ambientales y humanos, y que presenta fundamentalmente un interés común compartido para la búsqueda de un desarrollo armonizado entre sus componentes. Por ello, reviste gran importancia para el logro del desarrollo forestal sustentable, ya que es un medio para la generación de empleo

local, bienestar social y de manejo ordenado de los ecosistemas forestales; sin embargo, es una realidad que el desarrollo de esta, se ha visto influenciado por el proceso de apertura comercial, lo cual se considera un reto importante para alcanzar el desarrollo forestal sustentable en México.

Los ejidos y comunidades forestales representan un importante componente en la cadena productiva en el sector forestal, y a la vez constituyen un sistema sociocultural y ecológico clave para la realización de un desarrollo de base con una visión de sustentabilidad. Actualmente, entre 7831 y 9047 ejidos y comunidades son dueños de casi 80% de la superficie forestal de México; por lo que dos condiciones sociales caracterizan la situación de los bosques de México: la pobreza en que viven la gran mayoría de sus habitantes, y el carácter social de su tenencia. Solo 25% de las comunidades y ejidos con bosques en aprovechamiento llevan a cabo directamente aprovechamientos forestales, con una contribución a la producción industrial maderera nacional de solo 17%. Las comunidades que integran el restante 75% aprovechan sus bosques en condiciones de arrendamiento (Conafor, 2001). De tal manera que la forestería comunitaria en México tiene varias décadas con diferentes ejidos y comunidades forestales involucradas en el proceso de desarrollo forestal comunitario, por lo que nuestro país es líder en Latinoamérica y en el mundo en este ámbito (Klooster, 2003).

Empresas Forestales Comunitarias

Las EFC, enfrentan retos relacionados con su decreciente participación en los mercados de productos forestales debido a limitaciones en su nivel de competitividad y en procesos de certificación que les permitan participar en mejores condiciones en este sentido. A la vez, es importante resaltar que de manera complementaria se ha sugerido que la promoción de los productos forestales no madereros, a través del desarrollo de las micro y pequeñas empresas, podrían formar un punto de entrada importante para la reducción de la pobreza y la seguridad alimentaria, sobre todo en los pueblos de África Central y en general en las comunidades rurales (Tieguhong *et al.*, 2012).

El entorno económico actual en el que se desarrollan las EFC, está caracterizado por la integración de mercados y la competencia con productos estandarizados, provenientes de plantaciones y con bajos costos de producción. Debido a lo anterior, es fundamental la comprensión tanto de la rentabilidad como de la competitividad como factores clave de éxito para las EFC. Específicamente, la relevancia de la competitividad ha ido creciendo, siendo un término que está presente en todos los aspectos que tienen que ver tanto con las políticas públicas de desarrollo como a nivel empresa con las estrategias para su crecimiento y supervivencia.

Lo anterior justifica que el papel del sector social es imprescindible para lograr en el futuro un desarrollo forestal sustentable. La experiencia actual, aun en pocos ejidos y comunidades forestales exitosas, subraya esa conclusión ya que manejan sus bosques para el beneficio local. Sin embargo, en general a pesar de que la tenencia del bosque es comunal, las comunidades y ejidos han sido enajenados de su recurso y no han logrado obtener los beneficios esperados con un enfoque de desarrollo sustentable. A la vez, el desarrollo organizacional con visión empresarial ha constituido un desafío importante para el fortalecimiento de las empresas forestales comunitarias; de tal manera que existen investigaciones realizadas relacionadas con el alcance de una conciencia organizacional para mejora de la condición de desarrollo de la empresa; para ello, algunos estudios han aplicado la metodología denominada “Whole Scale Change (Real Time Strategic Change)” (Arena, 2004), Es una metodología que se aplica para planeación estratégica y cambios de cultura en diseños de trabajo organizacional.

En el país, los principales estados productores forestales en 2013 fueron: Durango (32.80%), Chihuahua (16.79%), Michoacán (7.76%), Oaxaca (7.13%) y Veracruz (4.93%) que contribuyeron con 69.41% de la producción total, equivalente a 4.1 millones de m³r (Semarnat-Conafor, 2004; Semarnat, 2013). Estos estados mencionados, aportan casi 70% de la producción maderable nacional (Banco Mundial, 1995; Inegi, 2003; Semarnat, 2013).



Región norte de México: sistema región forestal Chihuahua y Durango

Chihuahua, de acuerdo con la carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie III del Inegi (2003), cuenta con una extensión territorial de 24 705 281.72 ha, de las cuales 22 066 520 ha se consideran superficie forestal, y estas representan 15.8% de la superficie forestal nacional, la cual es de 139 692 886 ha. Para el año 2011, la producción maderable en Chihuahua fue de 1 006 824 m³r, representando 18.30% de la nacional, que es de 5 501 085 m³r. En el estado destacan tres principales productos: escuadría, celulósicos, chapa y *triplay* (Gobierno del estado de Chihuahua *et al.* 2012).

Por otra parte, en Durango existen aproximadamente 500 ejidos y comunidades forestales con cinco millones de hectáreas arboladas, de las cuales casi dos millones se encuentran bajo algún programa de manejo forestal. En ellos, los recursos maderables disponibles son similares a los descritos para el estado de Chihuahua. Además en ambos estados, las actividades forestales económicas principales son el abastecimiento y venta de trocería y la industria de aserrío; adicionalmente, existe una limitada visión empresarial a corto, mediano y largo plazo y limitada competitividad, por ejemplo, existe falta de disposición para integrarse horizontal o verticalmente y establecer alianzas con otros ejidos o inclusive con particulares.

En suma, esta región forestal del norte de México se caracteriza por ineficiencia en los procesos de producción, productividad y comercialización, dando como resultado altos costos de producción de la madera y baja competitividad con respecto a los productos de importación.

Es fundamental indicar, para la justificación de la dimensión y alcances del estudio, que los estados de Chihuahua y Durango en conjunto representan cerca de 20% de la superficie total del país (Inegi, 2011). En consecuencia, es necesario resaltar que los dos estados con mayor producción forestal para el año 2013 fueron Durango y Chihuahua, con una participación conjunta de 49.60% de la producción forestal maderable total (Semarnat, 2013). Esto es significativo en el nivel de relevancia que representan en su conjunto estas dos entidades desde el punto de

vista forestal y en particular del desarrollo forestal comunitario sustentable, considerando una dimensión clave para México como región forestal, y a su vez como clúster forestal en un entorno nacional pero también internacional en el contexto de la globalización económica. Por lo que como resultado del estudio se plantean propuestas de mejora en diferentes aspectos analizados en el mismo.

OBJETIVOS

Considerando las condiciones del desarrollo forestal comunitario descritas de los estados de Chihuahua y Durango, así como el contexto nacional y de la globalización económica, los objetivos de la investigación fueron:

1. Analizar el desarrollo forestal comunitario sustentable en la región norte de México, particularmente en los estados de Chihuahua y Durango, como un sistema regional forestal-clúster forestal, en relación con: organización comunitaria, flexibilidad, innovación, capacidad de respuesta, competitividad y colaboración y comercialización, ante la continua apertura de mercados globalizados.
2. Establecer una estrategia integral con visión holística para impulsar el desarrollo forestal comunitario sustentable de esta región en el contexto de la globalización económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en los estados de Chihuahua y Durango (Fig. 1), considerados en conjunto como un sistema forestal-clúster forestal por sus condiciones similares de EyCF/EFC con bosques de clima templado frío, y por ser los de mayor producción forestal en México.

Sujetos de estudio

De acuerdo con el nivel de integración de los silvicultores y las categorías establecidas de la tipología de productores forestales se consideró la siguiente para la definición de unidades de estudio (Semarnat-Conafor, 2013b): a) cate-



FIGURA 1. Mapa del área de estudio en: <http://para imprimir.org/mapa-de-la-republica-mexicana-sin-nombre-para-imprimir/>. Luján y Vázquez (2013).

goría 1: silvicultores potenciales, siendo aquellos que cuentan con el recurso forestal maderable pero no lo aprovechan; b) categoría 2: silvicultores que venden arbolado en pie, estos poseen recursos forestales que venden a terceras personas que realizan el aprovechamiento; c) categoría 3: silvicultores productores de materias primas forestales, ellos tienen el recurso forestal y lo aprovechan, vendiendo la madera en rollo; y d) categoría 4: silvicultores con capacidad de transformación y comercialización, estos producen madera en rollo y realizan la transformación industrial primaria de la misma y su comercialización.

Variables de estudio

Se estudiaron las siguientes variables: organización comunitaria, flexibilidad, innovación, capacidad de respuesta, competitividad y colaboración y comercialización. La organización comunitaria considera la estructura organizacional, procedimientos administrativos y funciones laborales de EyCF/EFC; la flexibilidad, está relacionada con la cultura organizacional, nivel de integración productiva, sensibilidad y motivación a los cambios; la capacidad de respuesta e innovación, señala el grado en que el ejido o comunidad tiene un nivel de respuesta oportuna o no a la presencia de cualquier factor relacionado con el desarrollo

del mismo; la competitividad y colaboración, se refiere al grado de disponibilidad del ejido o comunidad para colaborar e integrarse con otros ejidos e instituciones para lograr mejor competitividad.

Fuentes de información

Se consultaron fuentes primarias y secundarias. Las primarias consistieron en entrevistas a informantes clave, incluyendo productores forestales ejidales (silvicultores), prestadores de servicios técnicos forestales y expertos nacionales e internacionales. Como fuentes secundarias se consideraron documentos técnicos y bases de datos, entre otros, relacionados con la temática de estudio.

Unidades de estudio: criterios, tamaño y selección de la muestra

Para la determinación de la muestra, se utilizaron los criterios siguientes: la tipología de las cuatro categorías de productores indicadas en la sección de “Sujetos de estudio”, la superficie forestal de predios, el número de predios bajo aprovechamiento forestal, realizándose la selección al azar. Para ello, se determinó una muestra representativa de 40 EyCF en total, siendo 20 unidades en cada estado (5 ejidos de cada categoría por estado). Adicionalmente, se consideraron representativamente un total de 20 expertos y tomadores de decisión a nivel estado y nacional, incluyendo representantes de instancias como Conafor, Semarnat, organizaciones de productores, organizaciones de industriales, organizaciones no gubernamentales, académicos e investigadores.

Diseño y aplicación de instrumentos

La entrevista fue el instrumento utilizado para EyCF e informantes clave antes mencionados. Se diseñaron dos cuestionarios: para el caso de los EyCF, el instrumento diseñado incluyó las variables ya indicadas. Además, el otro cuestionario incluyó aspectos de política forestal, estructura organizacional para el desarrollo forestal, entorno internacional para el desarrollo forestal comunitario, investigación y educación forestal, entre otros, como información de referencia contextual.



Sistematización y análisis de la información

La información obtenida se procesó en una base de datos diseñada en Excel®, en la cual se capturaron las respuestas obtenidas de las encuestas en los dos estados. Se tuvo una respuesta total de 75%, así como la de los informantes claves con 70% de respuesta del total. Se analizó la información de los dos estados en conjunto, como un sistema, siendo similar el comportamiento de las variables analizadas en ambos estados y obteniendo respuestas homogéneas en su conjunto.

RESULTADOS

Perfil del Desarrollo forestal comunitario sustentable: Chihuahua y Durango como un sistema regional forestal

Organización comunitaria, flexibilidad, innovación y capacidad de respuesta

Los EyCF presentaron limitada organización para la producción, productividad y visión empresarial. En relación con la flexibilidad, la resistencia a los cambios ha limitado el desarrollo en la organización comunitaria, administración, y comercialización. Esto no facilita la adaptación rápida a los cambios internos y del entorno. Aun con ello, en las categorías 3 (productores de materias primas forestales) y 4 (transformación industria) se identificaron mayor flexibilidad, capacidad de respuesta e innovación tecnológica, ya que han invertido en mayor grado en sus unidades de producción en capacitación, maquinaria y comercialización.

En los procesos de innovación, los EyCF manifestaron aspiraciones y necesidad de diversificarse e incursionar en nuevos mercados, con nuevos productos o servicios. Sin embargo, es importante considerar otros factores que limitan las oportunidades de desarrollo y los procesos de innovación/diversificación, tales como la falta de organización, recursos económicos, y falta de interés.

Competitividad y colaboración

La competitividad se ve afectada por altos costos de producción forestal, siendo el transporte el concepto que más

impacta por sus altos costos (60%). En la percepción de los productores forestales, los precios bajos de compra en productos importados son el principal efecto de la apertura de mercados; esto se debe a los precios reducidos de los productos importados en comparación con los locales (Fig. 2).

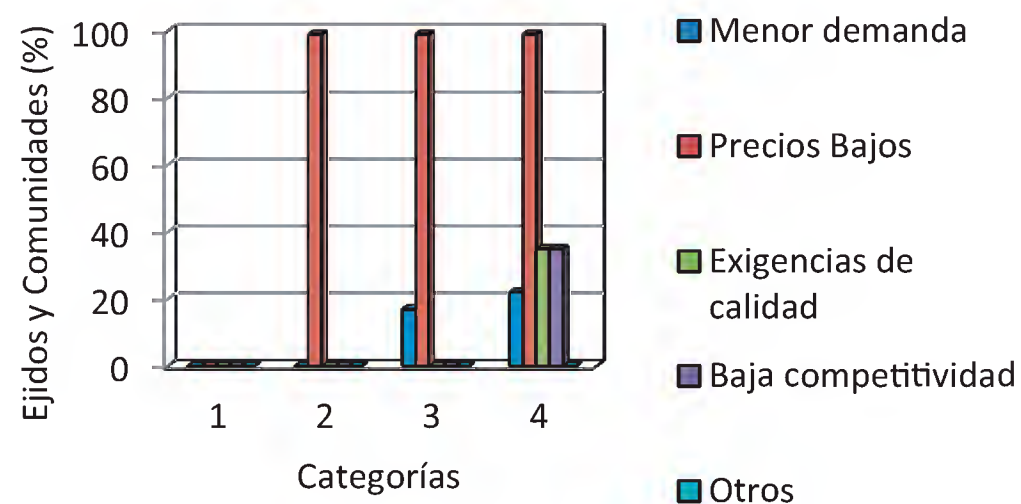


FIGURA 2. Percepción de ejidos y comunidades forestales acerca de los efectos de la apertura comercial y competitividad.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en ejidos forestales en estudio en ambos estados como región forestal.

Adicionalmente, en la figura 3 se observa que para las categorías 3 y 4 (mayor nivel de integración), la calidad es el factor que más afecta la competitividad de productos forestales de EyCF.

En relación con la colaboración, los EyCF reconocen limitada asociatividad y cultura de integración. Por lo tanto, como lo han establecido Linda *et al.* (1991) y Cubbage *et al.* (2013), es necesario fomentar e impulsar la asociatividad, considerando la integración tanto horizontal como vertical.

Comercialización de productos forestales

En la figura 4, se ilustran los procesos de comercialización identificados; tal como se muestra, en los casos más frecuentes (categorías 1, 2 y 3), el proceso se da con la participación de productor-intermediario-consumidor final, que en muchos casos no ofrece las mejores condiciones para el intercambio comercial. A la vez, se observa que en

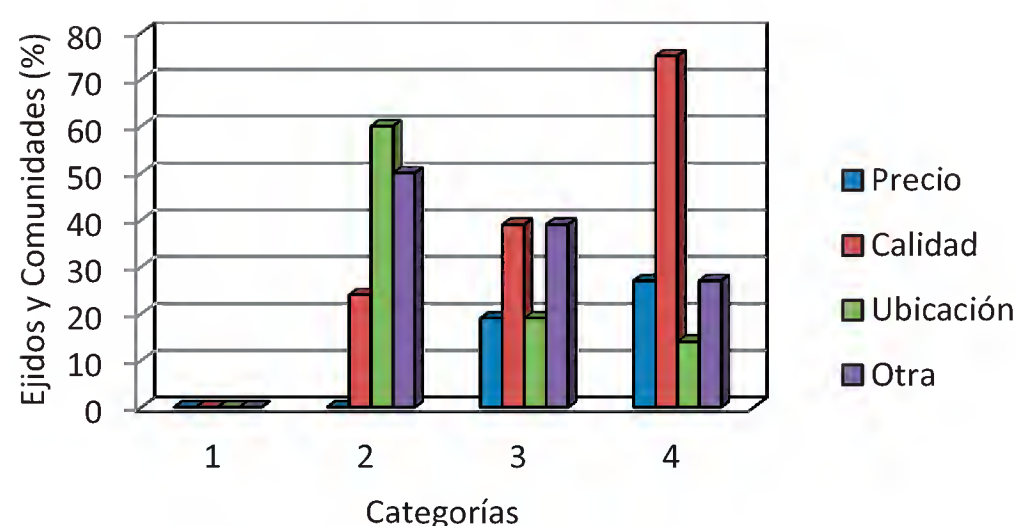


FIGURA 3. Factores que afectan la competitividad de los productos forestales en los ejidos y comunidades forestales.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en ejidos forestales en estudio en ambos estados como región forestal.

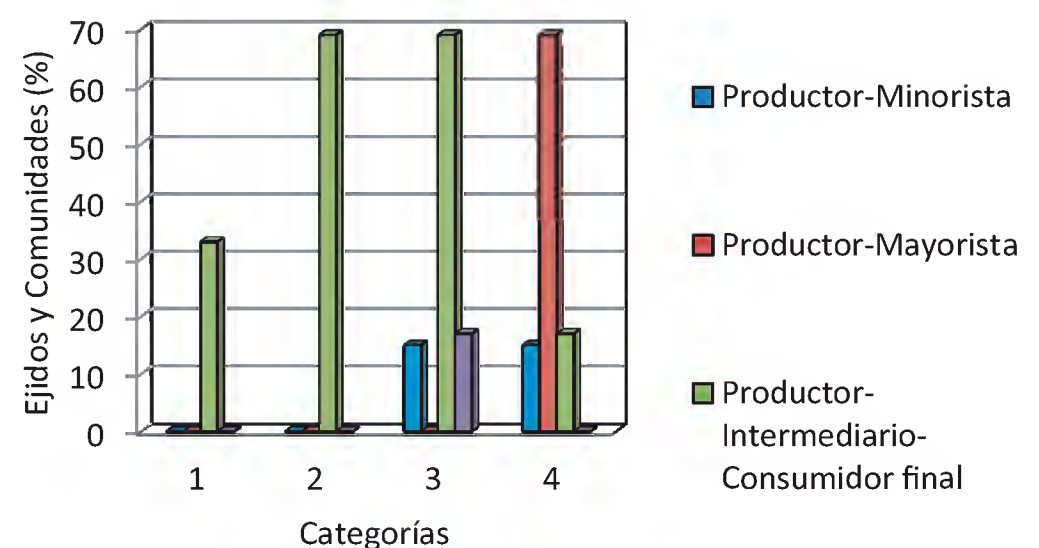


FIGURA 4. Proceso de comercialización de los ejidos y comunidades forestales según los canales de comercialización.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en ejidos forestales en estudio en ambos estados como región forestal.

la cuarta categoría predomina la participación de productor-mayorista dado su nivel de integración.

Por otra parte, los EyCF no cuentan con estudios de mercado y planes estratégicos para la comercialización de productos forestales; además, la percepción de los productores identifica como principal problema los precios bajos en productos de importación y, en consecuencia, baja demanda de los propios.

DISCUSIÓN

Como lo indica Messier (2015), es necesario establecer y operar principios amplios y promover cambios que permitan incrementar las capacidades adaptativas de los bosques y el sector forestal con sus diferentes actores ante un futuro de incertidumbre. Ante ello, es evidente que lograr la integración entre los actores de la actividad forestal de una región no es sencillo bajo los paradigmas actuales, caracterizados por un comportamiento individualista y visión a corto plazo de los participantes en cada eslabón de la cadena productiva.

Además, los diversos actores de cada eslabón se perciben a sí mismos como empresas totalmente independientes de los otros eslabones y también con respecto a empresas similares (dentro de cada eslabón); por lo tanto, sus acciones no buscan integrarse en un fin común, sino

que son aisladas, procurando cada una obtener el máximo beneficio (o menor costo) posible, sin tomar en consideración su influencia en el costo o beneficio de los eslabones anteriores o posteriores. Dichos paradigmas no resultan apropiados para lograr que la actividad forestal sea competitiva en el contexto de la globalización económica.

Por ello y considerando la situación prevaleciente en el norte de México en lo relativo al desarrollo forestal comunitario sustentable, los resultados obtenidos en las variables estudiadas arriba citadas en los capítulos de metodología y resultados tienen relación, en general, con lo indicado por Bray y Merino (2004), quienes señalan que el desarrollo forestal comunitario en México enfrenta desafíos relacionados, entre otros aspectos, con el desarrollo organizacional, cultura empresarial, reconversión industrial y competitividad. Por tal motivo, el estudio establece en cada variable propuestas de mejora que contribuyen a impulsar acciones estratégicas que faciliten y atiendan, a través del tiempo, limitantes antes indicadas de dicho desarrollo comunitario, y a la vez el mejoramiento del desarrollo forestal comunitario sustentable en la región norte de México. A continuación se presenta el comportamiento y discusión de cada variable estudiada y su propuesta de mejora.



En lo referente a la condición de la organización comunitaria como una limitante para el desarrollo forestal comunitario con visión de sustentabilidad, es coincidente con lo referido por Cubbage *et al.* (2013), ya que menciona que el nivel de organización limita el desarrollo de ejidos y comunidades, debido a que no permite tener la capacidad de respuesta adecuada en aspectos como administración y comercialización con oportunidad, eficiencia, eficacia y efectividad. Esta condición, también coincide con lo establecido en el Programa de Desarrollo Forestal Sustentable del estado de Chihuahua 2012: actualización en el marco del Plan Estatal de Desarrollo 2010-2016 (Gobierno del estado de Chihuahua *et al.*, 2012), en el cual se indica que hay escaso nivel de organización comunitaria en EyCF con visión empresarial. Sin embargo, Antorini (2005) establece que las comunidades con un mayor nivel de integración vertical tienen un campo más amplio de experiencia en organización empresarial y que es una estrategia que se debe de continuar impulsando la aplicación de principios de asociatividad, organización comunitaria y participación democrática, entre otros, en los procesos de toma de decisiones comunitarias. Lo anterior, sustentado en lo que menciona Witek-Crabb (2012), ya que estudios han mostrado que existe una correlación positiva con significancia entre el nivel de sustentabilidad de las prácticas de administración estratégica y desarrollo organizacional en particular y la efectividad en los mercados de las empresas.

En relación a la organización por medio de alianzas y asociaciones, se requiere establecer y operar figuras asociativas con criterio empresarial que permitan establecer y consolidar empresas comunitarias forestales y, por ende, disminuir costos de producción, lograr un mejor balance económico, realizar operaciones directas de sus productos, ser una fuente de autofinanciamiento y comercialización de productos, entre otros. Lo anterior, tomando como base que el desarrollo organizacional con visión empresarial ha constituido un desafío importante para el fortalecimiento de las empresas forestales comunitarias.

Además, es necesario mejorar la administración y organización de los ejidos forestales y sus empresas fores-

tales comunitarias, dando capacitación para fortalecer el capital social y humano, así como a los administrativos, quienes muchas veces simplemente son los mismos directivos de los ejidos y carecen de formación técnica o administrativa; también dicha capacitación a personal operador de apoyo a los procesos organizacionales y administrativos.

En relación con la flexibilidad, y debido a la resistencia a los cambios, es necesario considerar lo que indica Improven (2013a), señalando que el nuevo escenario de las organizaciones exige reaccionar de forma rápida a las condiciones internas y externas en constante cambio. A la vez, de acuerdo con Improven (2013b), existen factores clave a considerar para avanzar en los procesos innovativos, como son la creatividad y espíritu innovador para impulsar procesos de mejora continua para lograr organizaciones dinámicas, transversales y colaborativas. Adicionalmente, se requiere fortalecer los procesos de inducción, sensibilización y motivación a los ejidatarios para apoyar e influir en la relevancia de aplicar esta cualidad de la flexibilidad en los procesos de desarrollo comunitario sustentable.

Respecto a competitividad y colaboración, Cubbage *et al.* (2013) en su estudio de competitividad y acceso a mercados de empresas forestales comunitarias en México, indica que las EFC de México presentan costos de producción relativamente altos en todas las etapas de la cadena productiva. Lo anterior, se atribuye en parte a las grandes distancias a centros de comercialización y a las condiciones deficientes de los caminos y medios de transporte utilizados, lo cual coincide con lo indicado por Indufor (2001). En efecto, en concordancia con Cubbage *et al.* (2013), y de acuerdo con los resultados obtenidos, los ejidos y comunidades forestales no son competitivos debido a altos costos de producción, bajos niveles de capacitación, deficiente organización, ausencia de planeación y seguimiento en el mediano y largo plazos y la limitada asociatividad que permitan manejar sus empresas con rentabilidad. Por ello, es necesario aplicar estrategias de funcionamiento en la cadena productiva forestal con criterios de eficiencia, eficacia y efectividad que coadyuven al mejoramiento de los niveles de competitividad. De tal forma

que es importante referir a lo establecido por Trejo (2013), quien indica que la fuerte competencia y la complejidad prevaleciente en momentos en que la globalización tiene cada vez más auge e impacto, están marcando tendencias para que las organizaciones concentren sus esfuerzos en gestionar estratégicamente y de manera participativa sus capacidades para impulsar un desarrollo sustentable con visión de futuro. Además de que la experiencia de las organizaciones indica que el mejor camino para alcanzar la capacidad de competir es a través de la tecnología e innovación, como lo señala Carroz (2005).

Referente a la colaboración, dada la limitada cultura de integración y asociación por parte de los productores, Scherr *et al.* (2003) y Mota (2002) coinciden con las estrategias marcadas en el Programa Estratégico para México 2025, en el cual se establece que la integración vertical u horizontal, es una alternativa positiva para enfrentar los retos de la apertura comercial. Esto se hace evidente con los esfuerzos que se están realizando en la integración de EyCF, con el apoyo de la Comisión Nacional Forestal, por medio de su programa de Integración de Cadenas Productivas Forestales, con avances específicos importantes en algunas de ellas: Cadena Productiva Forestal Región Madera S.A. de C.V. y Cadena Productiva Tarimas, Muebles y Laminados S.P.R. de R.L. de Durango (Conafor, s/f a). Adicionalmente, en específico, FIRA (2010) ha apoyado iniciativas de integración, como es el caso de la “Integradora Comunal Forestal de Oaxaca S.A de C.V”, integrada por empresas forestales de las comunidades de Pueblos Mancomunados, Ixtlán de Juárez y Santiago Textitlán de Oaxaca. Todas ellas, con indicadores importantes en los avances en el proceso de desarrollo comunitario sustentable.

Por otra parte, sobre comercialización de productos forestales, la percepción de los productores sobre los efectos de la apertura de mercados en el proceso de la comercialización no es favorable, ya que hay precios bajos de los productos extranjeros y la competencia desleal por parte de aprovechamientos clandestinos, entre otros factores, lo que no permite a los productos nacionales ser competitivos en precios, y ello ha ocasionado una menor demanda

de los mismos, como lo afirma Chapela (2012), quien explica que México es un importador neto de materias primas y productos manufacturados de madera (Conafor, s/f b). Por ejemplo, mientras China es un gran importador neto de productos forestales, México es importador neto de madera de otros países e importador de productos de madera de China (Elizondo, 2005). Sin embargo, es recomendable buscar alternativas comerciales para los diferentes productos forestales para así obtener más provecho del bosque y disminuir los desperdicios. Por ejemplo, algunas empresas forestales comunitarias ya están comercializando el encino como carbón y/o leña, lo que indica la existencia de demanda por estos productos, además de los que tradicionalmente se han comercializado.

En consecuencia, considerando el sistema regional forestal del norte de México (Chihuahua y Durango), se identificaron los siguientes impactos de la globalización económica en el desarrollo forestal comunitario sustentable: bajo nivel de rentabilidad y competitividad de la actividad forestal, disminución del empleo, cultura organizacional y administrativa tradicional y poco flexible, así como necesidad de avanzar en la certificación forestal.

Por consiguiente, se enfatiza la necesidad de aplicar la silvicultura intensiva para el mejoramiento de los índices de producción y productividad de los bosques; modernización de la tecnología para los procesos de aprovechamiento y transformación; fortalecimiento de los procesos de planeación estratégica, acompañamiento multidimensional, seguimiento y evaluación para elevar los niveles de eficiencia, eficacia y efectividad; impulsar la realización de estudios de mercado para la identificación de nichos que sirvan de base para orientar el tipo de productos que deben de ser elaborados; fortalecer los procesos organizacionales entre productores, industriales y comercializadores que permitan potenciar esfuerzos que se traduzcan en impactos positivos en el desarrollo del sector forestal; implementar programas de capacitación continua para el fortalecimiento del capital humano y social, así como los niveles organizacionales del sector; e implementar esquemas de financiamiento accesibles que impulsen el desarrollo del sector. Para ello, a continuación se plantea una estrategia



integral que permita en el tiempo impulsar el desarrollo forestal comunitario sustentable en la región de estudio.

Estrategia integral propuesta para impulsar el desarrollo forestal comunitario sustentable

Factores como el creciente interés global por la protección y aprovechamiento de los recursos naturales, la importancia que van ganando los bosques naturales como elementos importantes para promover cada vez más el desarrollo forestal comunitario sustentable, así como la mitigación y adaptación al cambio climático, ha, abierto la posibilidad de nuevos mercados que pueden ser una fuente de ingreso adicional para los ejidos; por ejemplo los “bonos de carbono” que se pagan por el carbono acumulado en el bosque y/o pagos que se hacen por la conservación del agua, a través de la protección de los bosques (Cubbage *et al.*, 2013).

Por ello, considerando los impactos de la globalización económica ya mencionados y las variables estudiadas, se establece la propuesta de una estrategia integral participativa sustentada en una visión sistémica, tomando como base el proceso de integración horizontal/vertical. Se sugiere que esta estrategia incluya tres grandes apartados: a) la estrategia básica de integración como clúster forestal y el principio de asociatividad, b) el establecimiento de la vinculación con el empoderamiento de ejidos y comunidades forestales y c) la consideración del contexto de la globalización económica.

En relación con el clúster forestal-asociatividad, esta estrategia integral con visión sistémica promueve un mayor nivel de competitividad y desarrollo socioeconómico, privilegiando el manejo forestal sustentable, y otros beneficios potenciales como son: oportunidades de empleos, sustitución de importaciones, oportunidades de exportación, diversificación de productos, penetración en nuevas ventanas, reducción de costos de producción, incremento en ventas, nuevo conocimiento y experiencia, mayor poder de autogestión, y acceso a nuevas tecnologías, entre otros. Lo anterior, en función de que las EFC en México venden a mercados nacionales y locales en los que la demanda es alta así como los precios y los productos se venden en casi su totalidad. Los

competidores internacionales, sin embargo, representan una amenaza para la sostenibilidad financiera las EFC, ya que producen a costos más bajos que las EFC mexicanas, quienes deben prepararse para una posible competencia internacional.

En apoyo a lo anterior, será recomendable que las empresas forestales comunitarias reinviertan una porción de sus ganancias para mantener la maquinaria y los activos de la empresa, que en muchos casos es precaria o está en una situación de grave desgaste.

Para el caso del empoderamiento de ECF, la estrategia propuesta integra la necesidad de considerar un conjunto de factores resultantes de ese empoderamiento, como son: recursos económicos, capital social, tecnología, autogestión, organización y bienestar social. Estos factores deben interactuar con un criterio de efecto multiplicador que potencie la capacidad de respuesta de la forestería comunitaria en su conjunto. Lo anterior, se reflejará en su nivel de competitividad que les permita mayor participación con éxito en los mercados nacionales e internacionales.

Respecto al contexto de la globalización económica, la fase de la integración del clúster forestal y el empoderamiento de ejidos forestales deben enlazarse al mundo de la apertura comercial a través de ventajas competitivas sostenibles. Para ello, existen en el contexto internacional ventanas de mercado, como lo señala De la Mora (2003) en su estudio el Comercio Internacional y el Sector Forestal en México, mismas que representan oportunidades para el desarrollo de la forestería comunitaria con criterios de productividad, competitividad y sustentabilidad ambiental.

En consecuencia, para el éxito de esta estrategia de integración se deben de considerar, entre otras, las siguientes acciones: cambio de paradigmas, apoyos gubernamentales, educación, capacitación, y organización de alianzas y asociaciones. En referencia al cambio de paradigmas, en primer lugar hay que cambiar los que tradicionalmente han predominado en la actividad forestal en México, y adoptar otros mejores, que sean funcionales en el nuevo contexto. En algunos casos los paradigmas a adoptar pueden surgir de la adaptación de experiencias de otros paí-

ses, como puede ser adquirir y operar en forma común, mediante esquemas de cooperación y administración adecuados, la maquinaria y equipos de extracción e industrialización necesarios para procesar la madera de varios EyCF y de otros pequeños propietarios.

La estrategia integral incluye de manera relevante la educación y capacitación, como acciones básicas para lograr niveles de vanguardia y fomentar una capacitación sistemática y continua con un plan de largo plazo. Por último, se propone aprovechar los programas de apoyo gubernamental para fomentar la integración horizontal y vertical, y fortalecer el período de acompañamiento brindando asistencia técnica, económica y administrativa, a través de una red de asesores especializados y certificados que coadyuven a la integración en ambos sentidos para lograr que el clúster forestal sea competitivo.

Por lo anterior, se plantea la integración horizontal/vertical que permita potenciar las capacidades e intereses que se encuentren que son comunes entre sectores, para de esa manera facilitar el tránsito a procesos eficientes de comercialización en el contexto de la apertura comercial; además de otros posibles beneficios como: nuevas oportunidades de empleos, sustitución de importaciones, oportunidades de exportación, diversificación a nuevos productos, protección de los mercados actuales y penetración en nuevas ventanas, reducción de costos de producción, incremento en ventas, nuevo conocimiento y experiencia, mayor poder de autogestión y acceso a nuevas tecnologías, entre otros.

Intra e interconectividad de los componentes de la estrategia integral

La estrategia integral propuesta incorpora la necesidad de que sus tres componentes sean abordados con visión holística: integrar el clúster forestal, lograr el empoderamiento de ECF e incidir mejor en los mercados en el contexto de la globalización económica. Para ello, estos tres componentes deben concebirse intra e interconectados, a través de los mecanismos que constituyen el flujo de producción y comercialización de productos forestales maderables y no maderables, y su respectivo proceso de retroalimentación. En su conjunto, estos mecanismos llevarán a la estrategia

integral a un proceso de adaptación que permitirá lograr, a través del tiempo, la consistencia y dinámica propia que se requiere para que la forestería comunitaria avance hacia un mayor empoderamiento y competitividad con visión de sustentabilidad.

CONCLUSIONES

- La globalización económica es irreversible y el desarrollo forestal comunitario sustentable en Chihuahua y Durango no puede excluirse de este proceso, por los efectos ya indicados de esta sobre EyCF/EFC.
- Se identificaron en EyCF/EFC impactos no favorables en rentabilidad, competitividad, cultura administrativa y organizacional y certificación forestal.
- Es necesario impulsar el mejoramiento de los índices de producción y productividad de los bosques; modernizar la tecnología para los procesos de aprovechamiento y transformación; fortalecer los procesos de planeación estratégica participativa, acompañamiento multidimensional, seguimiento y evaluación para elevar los niveles de eficiencia, eficacia y efectividad; impulsar la realización de estudios de mercado para la identificación de nichos que sirvan de base para orientar el tipo de productos que deben de ser elaborados; y fortalecer los procesos organizacionales entre productores, industriales y comercializadores que permitan potenciar esfuerzos que se traduzcan en impactos en el desarrollo del sector forestal.
- Desafortunadamente, los ejidos por sí mismos no pueden lograr la sustentabilidad y capacidad de respuesta a la dinámica del entorno, siendo necesario impulsar en particular el acompañamiento multidimensional (técnico, organizacional, administrativo, financiero, tecnológico, de mercados y del ambiente).
- Es necesario promover cambios de paradigmas y bondades de la asociatividad en EyCF para efectos de hacer frente a la globalización.
- Los productores forestales deben conseguir mayores niveles de integración horizontal y vertical y mayor competitividad, adoptando una lógica organizativa empresarial, y alianzas entre comunidades y empresas.



Por otra parte, considerando que una de las principales limitaciones en el funcionamiento de EyCF fue la escasa aplicación de sistemas de control y seguimiento con información sistematizada en EyCF/EFC relacionada con sus procesos de desarrollo, es necesario impulsar sistemas de control y seguimiento en EyCF/EFC para lograr mejor toma de decisiones, de forma oportuna y con mayor sustento. Además, de acuerdo con los resultados obtenidos, la actividad que más costos representa comparado con sus ganancias, es el aprovechamiento forestal, por lo que las EFC deberían de ser dueñas de toda la cadena incluyendo el aserradero, y promover un desarrollo integral de procesos.

De la misma manera, es relevante continuar realizando estudios estructurales y operacionales, relacionados con el desarrollo forestal comunitario sustentable en el contexto de la globalización económica, que coadyuven al fortalecimiento de esta estrategia integral participativa con visión holística propuesta. Además, realizar dichos estudios a un nivel más amplio y aplicado en México a nivel regional, estatal y local en el largo plazo. Adicionalmente, existe la necesidad de promover en el futuro mayor integración de la cadena productiva forestal, incluyendo el establecimiento y consolidación de clústeres, alianzas o uniones de ejidos forestales, a través de la promoción de figuras asociativas haciendo uso de convenios.

REFERENCIAS

- Antinori, C. 2005. Vertical integration in the community forestry enterprises of Oaxaca. In: D. Bray, L. Merino-Pérez, and D. Barry, eds. The community forests of México: managing for sustainable landscapes. University of Texas Press. Austin. 241 p.
- Arena, M. J. 2004. Enhancing organizational awareness: An analysis of whole scale change. *Organization Development Journal* 22(1):9-20.
- Banco Mundial. 1995. Estudio de revisión del sector forestal y conservación de recursos. división de operaciones de recursos naturales y pobreza rural. Oficina Regional de América Latina y El Caribe. 159 p.
- Bonita, M., F. Correa, P. Veijalainen y H. Ahveninen. 2002. Forest clusters: a competitive model for Latin America. Inter-American Development Bank, Sustainable Development Department. Environment Division. Washington, D.C. Disponible en línea: <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV-IDBForestClusters.pdf>.
- Bray, D., L. Merino-Pérez, P. Negreros-Castillo, G. Segura-Warnholtz, J.M. Torres-Rojo y H. Vester. 2003. Mexico's community-managed forests: A global model for sustainable landscapes?. *Conservation Biology* 17(3):672-677.
- Bray, D. y L. Merino-Pérez. 2004. Los bosques comunitarios de México: logros y desafíos. Editora Infagón, México.
- Carroz, U.D. 2005. Modelo de gestión estratégica para el desarrollo de capacidades tecnológicas. *Compendium* 8(15):5-19.
- Chapela, G. 2012. Problemas y oportunidades en el mercado para las empresas sociales en México. In: USAID-Abt Inc. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible y Universidad Autónoma Chapingo, eds. Competitividad de las empresas sociales forestales en México (en proceso de impresión). Editorial Universidad Autónoma Chapingo.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2001. Programa estratégico forestal para México, 2025. Disponible en línea: <http://www.conafor.gob.mx>
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). S/F a. Programa para la integración de cadenas productivas. Guadalajara, Jal., Mex.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2013. Estrategia de incremento a la producción y productividad forestal nacional 2013-2018. Guadalajara, Jal., Mex.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). S/F b. Diagnóstico del Comercio Internacional Forestal de México. Guadalajara, Jal. 405p.
- Cortave, M. 2003. La experiencia de ACOFOP en Petén, Guatemala: Un proceso arduo de gestión política. Centro de Derecho Ambiental y de los Recursos Naturales/Coordinadora Indígena-Campesina de Agroforestría Comunitaria, San José, Costa Rica.
- Cubbage, F., R. Davis, D. Rodríguez, G. Frey, R. Mollenhauer, Y. Elsin, I. González-Hernández, H. Albarrán, A. Mercedes y D. Chemor. 2013. Competitividad y acceso a mercados de empresas forestales comunitarias en México. Profor, Conafor, Banco Mundial. México. 132p.

- De La Mora G. 2003. Comercio internacional y el sector forestal en México (balanza). Disponible en línea: http://www.ccmss.org.mx/modulos/biblioteca_consultar.php?folio=25
- Dietmar, S. y J. Donovan. 2008. Capacidades empresariales para el desarrollo de empresas forestales comunitarias. *In*: C. Sabogal, W. De Jong, B. Pokorny y B. Louman, eds. Manejo forestal comunitario en América Latina. Experiencias, lecciones aprendidas y retos para el futuro. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal (CIFOR).
- Elizondo, A. 2005. El mercado de la madera en México. Estudio para recomendaciones de política para expandir el mercado de madera certificada. Informe Final. México: Instituto Nacional de Ecología. Disponible en: http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/maderas_02_elizondo_study.pdf.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2010. 200 Casos de éxito FIRA en el sector rural mexicano. México.
- Flores, R., E. Serrano, V. Palacio y G. Chapela. 2007. Análisis de la industria de la madera aserrada en México. *Madera y Bosques* 13(1):47-59.
- Friedmann, J. 1992. Empowerment: The politics of alternative development. Blackwell. Cambridge, MA.
- Gill, L. 2002. The first nations reclaim a temperate rain forest. *In*: Ford Foundation, eds. Sustainable solutions: Building assets for empowerment and sustainable development. Nueva York.
- Gobierno del Estado de Chihuahua, C. Luján, M. Olivas y S. Vázquez. 2012. Programa de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Chihuahua. Chihuahua, Chihuahua. 135 p.
- Hirschman, A. 1993. Getting ahead collectively: grassroots experiences in Latin America. Fundación Interamericana, Arlington, VA.
- Improven. 2013a. Organizaciones flexibles, la clave para tener éxito. Newsletter: Allied Consultants Europe-Improven. Disponible en línea: <http://www.improven.com/organizaciones-flexibles-la-clave-para-tener-exito/>.
- Improven. 2013b. ¿Existen silos de gestión en tu organización?. Newsletter: Allied Consultants Europe-Improven. Disponible en: <http://improven.com/blog/existen-silos-de-gestion-en-tu-organizacion-2/#more-348>.
- Klooster, D. 2003. Campesinos and Mexican forest policy during the twentieth century. *Latin American Research Review* 38(2):94-126.
- Kshitij, C. 2015. The effect of political decentralization and affirmative action on Multidimensional Poverty Index: evidence from Indian States. *Journal of Social and Economic Development* 17(1):27-49.
- Indufor. 2001. Diagnóstico nacional del sector forestal. Versión 1.2. Helsinki, Finlandia.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2011. Panorama Sociodemográfico de México. México, 104 p.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2003. Anuario de estadística por entidad federativa. Aguascalientes, Ags., México. 660 p.
- Linda, H., J. Markusen y T. Rutherford. 1991. Trade liberalization in a multinational-dominated industry: A theoretical and applied general-equilibrium analysis. NBER Working Papers 3679, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Luján, C. y S. Vázquez. 2013. Mapa del área de estudio. Disponible en línea: <http://paraimprimir.org/mapa-de-la-republica-mexicana-sin-nombre-para-imprimir/>.
- Merino, L. 2001. Las políticas forestales y de conservación y sus impactos sobre las comunidades forestales. 41 p.
- Messier, C., K. Puettmann, R. Chazdon, K.P. Andersson, V.A. Angers, L. Brotons, E. Filotas, R. Tittler, L. Parrott, L. y S.A. Levin. 2015. From management to stewardship: viewing forests as complex adaptive systems in an uncertain world. *Conservation Letters*.
- Mota, J.L. 2002. Estudio de caso de integración horizontal: Asociación de productores de reposición forestal y comercializadores de carbón del municipio de Nagarote (eco-carbón) en Nicaragua. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Nolan, M. 2001. Community based forest management: Commercial harvesting of the rainforest of Indonesia. *The International Forestry Review* 3(3):231-235.
- Porter, M. 1990. The competitive advantage of nations. Mac Millan. Londres.



- Redclift, M. 1987. Sustainable development: exploring the contradictions. Methuen. Nueva York.
- Sabogal, C., W. de Jong, B. Pokorny y B. Louman. 2008. Manejo forestal comunitario en América Latina. Experiencias, lecciones aprendidas y retos para el futuro. Indonesia: Cifor, Bogor.
- Scherr, S., A. White y D. Kaimowitz. 2003. A new agenda for conservation and poverty reduction: Making forest markets work for low-income producers. Forest Trends. Center for International Forestry Research. Washington, DC.
- Secretaría de Economía. 2013. Tratados y acuerdos firmados por México. Disponible en línea: <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/comercio-exterior/tlc-acuerdos>.
- Segura, G. 2011. La visión del sector desde la perspectiva académica, del gobierno federal y de organismos internacionales. In: Comisión Nacional Forestal, eds. Encuentro nacional de silvicultura comunitaria. Memoria del evento. México, D.F.
- Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) – Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2004. Anuario estadístico de la producción forestal. Disponible en línea: http://148.223.105.188:2222/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=33&Itemid=36.
- Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Anuario estadístico de la producción forestal. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México.
- Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) – Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2013a. Propuesta de actualización programa estratégico forestal para México 2025, V.4. México, D.F. 158p.
- Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) – Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2013b. Reglas de operación del Programa Nacional Forestal 2013. Diario Oficial de la Federación. Viernes 8 de marzo de 2013. Secretaría de Gobernación, México.
- Smith, B. y V. Cossio. 2008. Competitiveness of Forest Products at Global Markets; with Particular Emphasis on Tropical Forest Products and on Small and Medium Scale Producers. Market Review in the U.S. of Selected Timber, FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/media/15024/1/0/>.
- Villarreal, M.A. 2010. NAFTA and the Mexican economy. Federation of American Scientists Congressional Research Service. RL34733. EUA.
- Tieguhong, J.C., O. Ndoeye, S. Grouwels, W.A. Mala y J.L. Betti. 2012. Rural enterprise development for poverty alleviation based on non-wood forest products in Central Africa. *International Forestry Review* 14(3):363-379.
- Trejo, N.A. 2013. Desafíos de la competitividad en la frontera norte de México en el marco del reajuste global. (in Spanish). *Frontera Norte* 25(50):213-221.
- Witek-Crabb, A. 2012. Sustainable strategic management and market effectiveness of enterprises. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 58:899-905.

Manuscrito recibido el 18 de febrero de 2014.
Aceptado el 23 de agosto de 2015.

Este documento se debe citar como:

Luján Á., C., J.M. Olivas G., H.G. González H., S. Vázquez Á., J.C. Hernández D. y H. Luján Á. 2016. Desarrollo forestal comunitario sustentable en la región norte de México y su desafío en el contexto de la globalización. *Madera y Bosques* 22(1):37-51.



Percepciones sobre servicios ambientales y **pérdida de humedales** arbóreos en la comunidad de Monte Gordo, Veracruz

Perceptions about environmental services and loss of forested wetlands in Monte Gordo community, Veracruz

José Luis Marín-Muñiz^{1,2*}, María E. Hernández Alarcón³, Evodia Silva Rivera¹ y Patricia Moreno-Casasola³

¹ Centro de Investigaciones Tropicales. Universidad Veracruzana. Veracruz, México.

² Adscripción actual: El Colegio de Veracruz. Veracruz, México.

³ Instituto de Ecología A.C. Veracruz, México.

* Autor de correspondencia. soydrew@hotmail.com

RESUMEN

Este estudio indaga las percepciones de los habitantes de Monte Gordo, Veracruz sobre los servicios ambientales que proveen los humedales arbóreos. Se recolectaron opiniones de informantes clave de la comunidad mediante entrevistas semi-estructuradas. Los datos se analizaron y reforzaron con las percepciones obtenidas durante una prueba piloto y estos últimos se categorizaron de acuerdo con la población productiva (PP) y jóvenes estudiantes (PE). El análisis de percepciones incluyó las reflexiones de jóvenes y adultos (generacional). Se encontró que las percepciones sobre los servicios ambientales de los humedales (hábitat de vida silvestre y tratamientos naturales de agua) y uso de los humedales (áreas de basureros) variaron significativamente entre los grupos de PP y PE al igual que el análisis reflexivo de nivel generacional. Los informantes clave percibieron que los principales servicios ambientales que los humedales proveen son: productos alimenticios, materia prima para construcción y como atracción turística. La función de humedales como sitios de protección a inundaciones y costas no fue claramente percibida. La pérdida de humedales se percibió como una situación que ha incrementado a través del tiempo en la comunidad, sin embargo, las situaciones que lo han provocado y su importancia a nivel local varió entre los entrevistados con respecto a sus actividades. Los recursos alimenticios y otros servicios de los humedales les atañen de forma colectiva por lo que se requieren iniciativas locales de acción colectiva en donde se integre a los habitantes del pueblo, autoridades municipales y a dueños de terrenos de las zonas más altas a la comunidad cuyas actividades también repercuten en la situación actual de los humedales de Monte Gordo.

PALABRAS CLAVE: acción colectiva, análisis reflexivo, función y uso de humedales, informantes clave, protección contra inundaciones, percepciones.

ABSTRACT

This study investigates the perceptions of environmental services provided by forested wetlands by inhabitants of Monte Gordo, Veracruz. Information from key informants in the community was collected through semi-structured interviews. Data were analyzed and reinforced with perceptions obtained during a pilot test, and the latter were categorized according to potentially productive population (PP) and younger students (PE). The analysis included perception and reflections between young and adult people (generational). We found that perceptions of environmental services such as considering wetlands as wildlife habitat, natural water treatment areas and using them as landfill sites varied according to groups of PP and PE as compared to the reflective level generational analysis. Key informants perceived that the major ecosystem services that wetlands provide are: foodstuff, raw materials for construction, and as a tourist attraction. The role of wetlands as sites of flooding and coastal protection was not clearly perceived. Wetland loss is perceived as a situation that has increased over time in the community, however, the situations that have caused it and the local importance varied among respondents regarding their activities. Food resources and other wetland services affect them collectively so that local initiatives are required so that they integrate the villagers, local authorities and landowners from the upland areas of the community whose activities also affect the current status of wetlands in Monte Gordo. Collective action for the common good must be strengthened.

KEYWORDS: collective actions, reflexive analysis, function and use of wetlands, key informants, protection against inundations, perceptions.

INTRODUCCIÓN

Las diversas actividades que para sobrevivir han desarrollado las poblaciones humanas, han modificado la estructura y funcionamiento de los diferentes ecosistemas como selvas, bosques (Rosete-Vergés *et al.*, 2014) y humedales (Abarca y Herzig, 2002; Moreno-Casasola, 2006). Los humedales son sitios de transición entre ecosistemas terrestres y acuáticos que se caracterizan porque sus suelos permanecen saturados de agua ya sea de forma temporal o permanente y con vegetación la mayor parte del año adaptada a dichas condiciones (Mitsch y Gosselink, 2007).

De acuerdo con el tipo de vegetación, los humedales pueden ser herbáceos o arbóreos, estos últimos también conocidos como selvas inundables; ecosistemas dominados por árboles adaptados a vivir en zonas inundadas, este tipo de humedales también incluye a los manglares (Mitsch y Gosselink, 2000; Moreno-Casasola e Infante 2009; Marín-Muñiz y Hernández, 2013). El valor de los humedales arbóreos radica en las múltiples funciones naturales que realizan y que resultan en servicios ambientales en beneficio para los seres humanos. Ejemplo de dichos servicios ambientales son: la producción de materia prima para construcción (madera), recursos alimenticios (peces y mariscos), mejoramiento de la calidad del agua, hábitat de especies terrestres, acuáticas y de aves, entre otros. Además, los humedales arbóreos juegan un papel primordial en los ciclos hidrológicos y de otros nutrientes como el nitrógeno, fósforo, y carbono (Manson y Moreno-Casasola, 2007; Marín-Muñiz *et al.*, 2014). Sin embargo, la sobreexplotación de los componentes de estos ecosistemas, y el avance de la mancha urbana sobre el hábitat, son algunas amenazas para la conservación de los mismos.

En general, las poblaciones que hacen un uso directo de los humedales o que habitan en áreas cercanas a ellos, desconocen a profundidad los procesos ecológicos de los mismos o su funcionamiento como reguladores de ciclos vitales. A través del análisis de las experiencias, algunos autores han descrito la necesidad de fomentar en los ciudadanos acciones de educación ambiental (EA), orientadas

a generar cambios de actitud y fortalecer la autonomía comunitaria en beneficio de los ecosistemas costeros (Carmona-Díaz *et al.*, 2004; Carrero y García, 2008; Moreno-Casasola, 2009). Sin embargo, muchos de los trabajos de EA generados a lo largo de más de tres décadas, han iniciado con la idea de que la EA basada en la transmisión de contenidos logrará generar cambios en las actitudes y comportamientos que llevarán a la conservación de dichos ecosistemas. Dieleman y Juárez-Nájera (2008) señalan que una de las razones por la que los programas de EA no contribuyen a alcanzar los objetivos de transformación de actitud y comportamiento, es porque el diseño de dichos programas no incluye la aplicación de conocimiento en situaciones reales de vida, ni las interpretaciones que los participantes le dan a los ecosistemas con base en su saber empírico. Partiendo de la visión anterior, los autores de este trabajo argumentan que antes de proponer y elaborar programas de EA sobre humedales, un paso esencial es conocer cómo los individuos conviven e interactúan con ellos. En las investigaciones sociales, en el contexto de los humedales, una forma de interpretar el significado que la gente le da a dichos sitios de acuerdo con sus experiencias de vida y de contacto directo con tales ecosistemas, es haciendo uso de las percepciones.

Vargas (1994), define a la percepción como un proceso biocultural, resultado de las experiencias culturales e ideológicas aprendidas desde la infancia y estas son moldeadas por las interacciones con el mundo que le rodea. Lo anterior se refuerza con lo planteado por Neisser (citado en Fernández, 2008: 183), quien alude a la percepción como una continua interacción con el ambiente natural y social. Refiriéndose a los modelos de representación social de Moscovici (citado en Mora, 2002: 18), la percepción social se describe como una instancia mediadora entre el estímulo, el objeto exterior y el concepto que de él nos hacemos. Es decir, no es resultado solo de características físicas observables, si no de los rasgos que cada persona atribuye como blanco de sus vivencias y experiencias. Basados en lo anterior, en este estudio, el concepto de percepción se considera como la interpretación de las sensaciones y emociones basadas en la experiencia y los



recuerdos previos, en conjunto con la interacción con su entorno natural y social. El conocer las percepciones, permitirá interpretar con precisión el significado de sus acciones, y determinar aspectos que influirán en la toma de decisiones, en este caso, relacionadas con la protección de humedales, lo cual puede servir como base para diseñar proyectos de EA.

Antecedentes sobre el estudio de percepciones sobre humedales

Por su condición de zonas pantanosas, los humedales han sido poco apreciados y hasta considerados como sitios hostiles y peligrosos (Velázquez y Hoffman, 1994; Moreno-Casasola *et al.*, 2009). En los últimos 20 años, los estudios sobre el funcionamiento y composición de los humedales en México han incrementado (Dugan, 1992; Velasco, 2008; Peralta-Peláez y Moreno-Casasola, 2009). Sin embargo, pocas veces se evalúa la forma en que la gente percibe sus recursos. La percepción de los ecosistemas depende del contexto en el que desarrollan sus modos de vida. En Nueva Escocia, Canadá, Manuel (2003) investigó la percepción de la gente sobre los humedales en vecindarios locales, 52% mencionó importante la presencia de humedales, mientras que 42% proporcionó una respuesta opuesta. El autor sugiere que el conocimiento sobre los ecosistemas favorece el nivel de concientización y provee posibilidades de modificación de comportamientos. Sin embargo, como se apunta en este estudio, el conocimiento no es el único factor que induce a que los individuos actúen en favor de la protección de un ecosistema. Algunos autores hacen referencia a otras características como las creencias, la moral y los hábitos adquiridos en el entorno que se vive (Harris, 1996; Blázquez, 2001). En otro estudio, en el que se investigó la percepción sobre humedales a maestros de primaria en Kenya, África, Ndarruga e Irwin (2003) encontraron que los humedales fueron valorados por su función como suministro de agua y que las principales amenazas para los humedales fueron: erosión del suelo, deforestación y sobrepastoreo, y sugieren que estas percepciones sean consideradas dentro de los programas de formación para profesores, quienes suelen

tener un papel de liderazgo. Kaplowitz y Kerr (2003), mediante encuestas telefónicas investigaron la percepción sobre humedales en Michigan, Estados Unidos. El estudio reveló un interés por proteger los humedales en 60% de la población. Además se encontró que la población joven y habitantes con mayor nivel educativo mostraron mayor interés por la existencia de humedales. Estudios como los descritos se realizan para observar tendencias en cuanto a un problema determinado y ofrecen una visión parcial de la realidad. Sin embargo, en estudios sociales resulta vital la convivencia y observación directa con la población. Asimismo, el uso del teléfono como vía de contacto, deja de lado la inclusión de personas sin teléfono, quienes podrían tener una percepción diferente.

Es escasa la literatura que explore las percepciones y actitudes sobre humedales en México. Por lo cual, la indagación sobre percepciones de la gente de comunidades con presencia de humedales resulta pertinente. Los trabajos existentes han iniciado a partir de conflictos propiciados por la expansión de las poblaciones humanas, poniendo en riesgo la biodiversidad de los humedales. En La Mancha-El Llano, Ver. México, ante un conflicto entre ganaderos y pescadores en la zona de humedales (humedales arbóreos y áreas inundadas con vegetación herbácea) por querer tener más extensión de tierras para el ganado, perjudicando las áreas de humedales, Moreno-Casasola, inició en 1998 un programa en el cual se incluían acciones de conservación, EA y proyectos productivos sustentables. A más de una década se ha logrado que actualmente el sitio La Mancha-El Llano se haya decretado como sitio Ramsar (No. 1336). Con ello se establecieron compromisos de diferentes actores (gobierno municipal, estatal, federal, sector social y técnico) para participar en un plan de manejo, con el cual se han logrado mejoras en las actitudes en algunos sectores de la población, lo cual se refleja en que las áreas de humedales son protegidas, cuidadas y respetadas por los mismos habitantes de la zona; además la frontera ganadera se ha mantenido estable, sin extenderse a las áreas de humedales (López *et al.*, 2006; Moreno-Casasola, 2006). En la zona de Alvarado Veracruz y durante siete años se desarrolló un proyecto para la

conservación del manatí y su hábitat (humedales), que incluía talleres de EA dirigidos a niños, jóvenes y adultos (Cortina, 2008), la autora observó una notable participación en la protección de los humedales en los talleres y resaltó la preocupación por la conservación y protección de los recursos naturales en los habitantes. Sin embargo, no existen datos documentados en los que se reflejen los productos que las actividades educativas hayan generado. Considerando que es fundamental entender el significado que las personas le dan a dichos ecosistemas de acuerdo con sus experiencias, por tener contacto directo con los humedales, se hace evidente realizar estudios que permitan conocer al grupo con el que se va a trabajar, ayudar a determinar sus inquietudes y elaborar en conjunto propuestas de solución a los problemas.

OBJETIVO

Conocer la percepción que tienen los habitantes de Monte Gordo sobre los servicios ambientales de humedales arbóreos de acuerdo con su actividad (productiva o estudiantil) y con respecto al nivel generacional (jóvenes y adultos). En este estudio se argumenta que estudiar las percepciones locales sobre humedales es un paso fundamental para diseñar programas de educación ambiental para el aprovechamiento sustentable de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la comunidad rural Monte Gordo, municipio Tecolutla (Fig. 1), el cual se ubica en la planicie costera del estado de Veracruz a los 20° 17' 38" N, 96° 50' 21" W, cuya altitud es de 1 m snm. Al norte de la comunidad se encuentra La Vigueta, al sur colinda con la localidad de Casitas, la parte este corresponde al Golfo de México y la oeste a zona de esteros y humedales. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con temperaturas de 24 °C a 26 °C. Los grupos edáficos predominantes en la zona son el regosol y gleysol (Inegi, 2009). Las calles de Monte Gordo no están pavimentadas, solo la que les da acceso (carretera federal Veracruz-Poza Rica). En la comunidad, más de 70% de la población cuenta con servicios de agua entubada y luz eléctrica. La

localidad cuenta con niveles educativos a nivel preescolar, primaria, y secundaria. De acuerdo con Inegi (2010a), Monte Gordo, es una población de 721 habitantes. En cuanto a la estructura de la población, que se refiere a la población por grupos de edad, el Censo de Población y Vivienda del 2000 muestra que, en Monte Gordo, 7.2% de la población tiene entre 0 y 4 años de edad, 25.8% de la población total son estudiantes (entre 5 y 18 años), 53% es potencialmente productiva (entre los 19 y los 59 años de edad) y, finalmente, 14% es mayor de 59 años. Es decir hay un predominio importante de población potencialmente productiva y población de jóvenes estudiantes.

Principales actividades de sobrevivencia en la comunidad de Monte Gordo

Las comunidades rurales poseen un alto grado de autosuficiencia alimentaria y, si bien el cultivo de tierra tiende a ser la actividad principal, por lo regular hacen una combinación de diversas prácticas de sustento (Toledo, 1993). En Monte Gordo, la población económica involucra principalmente actividades del sector primario (Tabla 1). Una de las principales actividades productivas es la pesca, que además de ser parte de su alimentación, constituye una fuente de ingresos. Dentro del poblado existe un grupo reciente de personas que formaron una cooperativa con el fin de reproducir peces. La pesca también es complementada con la agricultura (maíz, frijol, sandía y jitomates). Tanto la pesca como la agricultura están directamente relacionadas con los humedales, pues estos actúan como zonas de refugio y crecimiento de peces y mariscos, lugar en el que los pescadores realizan la mayoría de su pesca; mientras que las zonas de cultivo están contiguas a los humedales. Un estudio reciente señala que Monte Gordo mantiene 26% de sus tierras dentro del área de ecosistemas de humedales (tanto arbóreos como herbáceos) (Rodríguez-Luna *et al.*, 2011). El cuidado del ganado es otra actividad combinada con las anteriores por algunas familias, por lo que áreas de pastizales para ganado son parte del uso de suelo en la región (Inegi, 2009). Aunado a lo anterior, Monte Gordo forma parte del corredor turístico "Costa Esmeralda" por lo que otra de las actividades económicas son labores turísticas

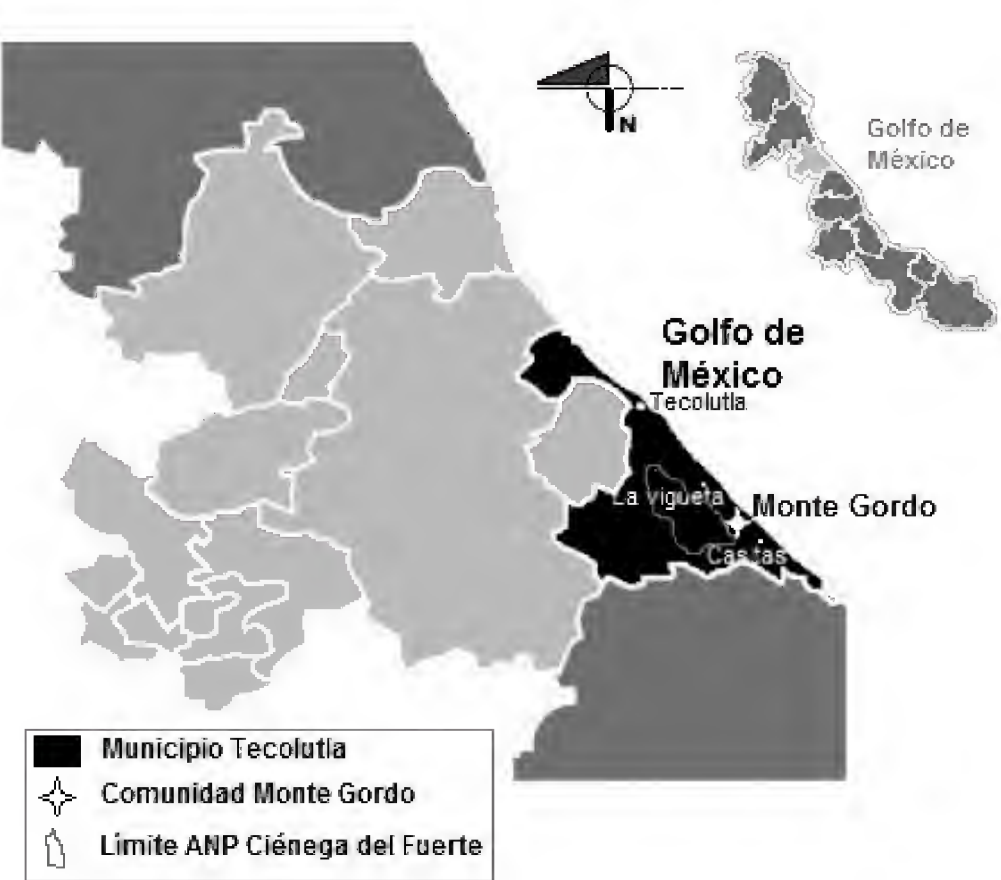


FIGURA 1. Ubicación del sitio de estudio.

TABLA 1. Población económicamente activa por sectores de actividad en Tecolutla, Veracruz y uso de suelo en la región Costa Esmeralda.

Fechas de censo	Población económicamente activa (%)		
	Sector primario	Sector secundario	Sector terciario
2005	55.21	11.89	17.83
2010	47.5	12.5	39.6

*Área de usos de suelo en la región Costa Esmeralda (Corredor turístico que incluye lugares costeros como Nautla, Casitas, Monte Gordo y Tecolutla) (ha)

	Playas	Humedales arbóreos	Zonas de pastoreo
1995	54	352	806
2006	51	278	870

-Sector primario: agricultura, ganadería y pesca; secundario: industria manufacturera y construcción; terciario: comercio, hoteles y restaurantes. Fuentes: SNIM (2008) y SIM (2015).
-Fuente: Martínez *et al.* (2014).

(Mendoza *et al.*, 2012). Además, algunos habitantes fungen como prestadores de servicios turísticos, trabajan en hoteles, restaurantes o negocios de artículos playeros, actividad que ha incrementado en los últimos años (Tabla 1).

Recursos naturales

En el municipio de Tecolutla, existen más de 5000 ha de humedales (López-Portillo *et al.*, 2010). En dicho municipio se encuentra “Ciénega del Fuerte”, una de las áreas más extensas de humedales en el estado de Veracruz y que fue denominado como área natural protegida en 1999, por el gobierno estatal. A unos pocos kilómetros al sur del área natural protegida se encuentran las zonas de humedales de Estero Dulce, estas zonas se ubican al oeste de la comunidad de Monte Gordo. La zona de humedales en Monte Gordo mantiene tanto especies arbóreas como herbáceas desarrollados principalmente a lo largo de la zona de borde de los esteros que se conectan con el mar a ~3 km en la comunidad de Casitas (Fig. 1). Las especies arbóreas predominantes en los humedales son: *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* L. y *Pachira aquatica* (Moreno-Casasola e Infante, 2009) y la vegetación herbácea de mayor abundancia es de *Thalia geniculata* L., *Cyperus giganteus* Vahl, y *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) (Moreno-Casasola *et al.*, 2010). La zona de humedales de la región ha sido una importante fuente de recursos pesqueros que ha sido amenazada por la frontera agrícola, desecación del suelo y sobreexplotación de recursos (Rodríguez *et al.*, 2011). Se ha documentado que de 1995 a 2006 se perdieron 6% de los humedales (Mendoza, 2009) (Tabla 1). La importancia de este sitio en términos de biodiversidad, la pérdida de humedales y el desarrollo económico fueron los criterios por los que se eligió a Monte Gordo como sitio de estudio.

Herramientas y técnicas de muestreo y análisis

En este estudio se hace uso de una metodología donde se hibridizan lo cualitativo y cuantitativo. El trabajo está organizado en tres etapas: 1) trabajo piloto para indagar la percepción sobre humedales en la comunidad, 2) colecta de información cualitativa con informantes clave, 3) análisis de

percepciones cuali y cuantitativamente. Se realizó una aproximación etnográfica a la comunidad, la cual consistió inicialmente en la descripción de la vida cotidiana, destacando principalmente las actividades económicas de los habitantes (descritas anteriormente). Para lo anterior, se hizo uso de la observación participante, registrando la información en una bitácora de campo. Mediante un muestreo intencional inducido (Pérez, 1994), se entrevistó a 12% de los individuos (n = 38) generadores de ingreso familiar (población potencialmente productiva –PP), en donde se incluyó a trabajadores de servicios turísticos, pescadores y agricultores. También se entrevistó 12% de jóvenes estudiantes (n = 18) entre 13 y 17 años de la escuela secundaria de la comunidad, quienes representan a los habitantes que no son generadores de ingreso familiar (población estudiantes –PE-) como unidades de muestreo. La categorización de la muestra como población PP y PE se basó en las cifras Inegi de estructura de población ya descritas al inicio de la sección. Las entrevistas semi-estructuradas para investigar las percepciones se aplicaron entre julio y septiembre de 2010, y estas consistieron de 41 preguntas divididas en cuatro secciones: a) ubicación y uso de humedales: para indagar de qué forma se relacionan con ellos; b) afirmaciones sobre ventajas y desventajas de los humedales: para conocer su postura, mediante una escala de tipo Lickert. Los datos se agruparon de acuerdo con la PP y PE; c) identificación de las principales afectaciones de origen social, económico y productivo que amenazan la integridad de los humedales locales; d) acciones a favor de los humedales: para identificar la disposición en el uso sustentable de dichos ecosistemas. El tiempo en que se aplicaron las entrevistas fue alrededor de 45 minutos. Al inicio se les explicó de manera breve el proyecto y los objetivos de este. Para reforzar los datos obtenidos, también se entrevistó a 17 informantes clave (Tabla 2) haciendo uso de la indagación deductiva mediante una entrevista semi-estructurada con la técnica ‘cara a cara’. La entrevista se sustentó por una guía general o conjunto de aspectos que respondieran a los objetivos de investigación (Taylor y Bogdan, 1984; Delgado y Gutiérrez, 1995). Se utilizó una guía de preguntas que se complementó con otras que surgieron durante la conversación. La entrevista fue transcrita y audiograbada en la mayoría de los

TABLA 2. Relación de informantes clave.

No. Informante	Edad (años)	Ocupación
1	58	Comisariado ejidal
2	47	Delegado
3	39	Presidente de cooperativa de cultivo de peces
4	47	Presidente junta de mejoras
5	30	Profesor de primaria (vigente)
6	63	Profesor de primaria (jubilado)
7	50	Profesor de primaria (jubilado)
8	44	Profesor secundaria (vigente)
9	71	Ama de casa (primeros habitantes)
10	55	Ama de casa (primeros habitantes)
11	66	Ama de casa (primeros habitantes)
12	76	Campesino (primeros habitantes)
13	80	Campesino (primeros habitantes)
14	71	Ama de casa (primeros habitantes)
15	29	Hotelero-restaurantero
16	35	Hotelero-restaurantero
17	37	Hotelero-restaurantero

Fuente: Trabajo de campo, noviembre 2011.

casos, previa autorización. La guía general se diseñó basada en la entrevista piloto, con el fin de conocer la historia del lugar, cómo han usado y cambiado los humedales. La entrevista guía realizada a informantes clave fue de 16 preguntas y se aplicó en noviembre 2011. En la entrevista piloto las respuestas con categoría de selección (respuestas si/no y selección de escala Lickert) fueron codificadas y almacenadas en una base de datos de Excel 2010. Las preguntas de respuesta abierta requirieron análisis de texto para su posterior organización en la base de datos. Para la sección B, el análisis de los datos se organizó mediante gráficos y tablas. Para el procesamiento y análisis de resultados de los datos obtenidos mediante respuesta abierta, estas se volvieron a leer y escuchar para su transcripción y organización. El mismo criterio se utilizó para las notas de campo. El análisis

reflexivo de los datos se comparó entre PP y PE. Los resultados obtenidos de los informantes clave fueron analizados y discutidos en conjunto con las entrevistas piloto. Para la estimación de la confiabilidad de la sección de preguntas tipo Licker del instrumento, se aplicó la medida de consistencia interna alfa de Crombach (α). El cálculo mostró un coeficiente de 0.652, para 10 *items*, puntaje aceptable en estudios de validación de instrumentos de encuesta (Vargas y Hernández, 2010). Las diferencias de percepción entre PE y PP se efectuaron con el análisis de chi-cuadrada (χ^2). Ambas estimaciones, así como la estadística descriptiva se realizaron con el programa SPSS v19 para Windows.

RESULTADOS

Algunos de los servicios ambientales que proveen los humedales y las características que dichos ecosistemas presentan, fueron percibidas de diferente forma entre la población productiva (PP) y de jóvenes estudiantes (PE) (Tabla 3). Por ejemplo, solo 50% de la PE percibieron a los humedales como hábitat de vida silvestre, lo cual fue un porcentaje significativamente menor ($\chi^2=13.55$, $P=0.001$) comparado con 92% de la PP que percibió la importancia de hábitat para fauna de los ecosistemas de humedales. La función de los humedales como tratamientos naturales de agua no fue percibida en más de 50% de los estudiantes, pero si fue reconocida por 68% de la población potencialmente productiva, observándose diferencias significativas entre las percepciones de las dos poblaciones de estudio ($\chi^2=8.66$, $P=0.013$). Así mismo, cerca de 35% de la población de estudiantes percibió que los humedales han sido utilizados como tiraderos de basura y lo consideran como normal, mientras que, un porcentaje significativamente más bajo (14%; $\chi^2=25.74$, $P=0.001$) de la PP percibió como normal la condición de ver a los humedales como tiraderos de basura. Con respecto al servicio de los humedales como sitios de crecimiento de peces, no se observaron diferencias significativas en cuanto a la percepción entre PE (72%) y PP (89%) ($\chi^2=2.80$, $P=0.247$). De igual manera, la percepción del servicio ambiental de diversión/recreación de los humedales arbóreos no fue significativamente diferente

TABLA 3. Percepciones sobre servicios ambientales y características de los humedales obtenidas por la PE y PP de Monte Gordo.

	Servicios ambientales				Características de los humedales		
	HVS	CP	DR	TA	SI	B	M
PE	50 ^b	72 ^a	44 ^a	44 ^b	50 ^a	33 ^a	89 ^a
PP	92 ^a	89 ^a	68 ^a	70 ^a	68 ^a	14 ^b	97 ^a

HVS: Hábitat de vida silvestre, CP: Crecimiento de peces, DR: Sitios para diversión-recreación, TA: Tratamientos naturales de agua. SI: Sitios inundables, B: áreas de basurero, M; área de mosquitos. Los porcentajes en la misma columna seguidas por la misma letra como superíndice, indica que no son significativamente diferentes ($P<0.05$).

($\chi^2=3.50$, $P=0.174$) entre la PP (68%) y PE (44%). Las características descriptivas de los humedales como ser sitios inundables (50% y 68 %) la mayor parte del año, ser sitios seguros (78% y 71%) y la presencia de mosquitos en ellos fueron percibidas en porcentajes similares de la población PP (89%) y PE (97%), sin observarse diferencias significativas entre las percepciones de PP y PE ($P>0.05$).

Cuando se indagó la percepción en los informantes clave sobre los servicios que prestan los humedales, una constante entre las respuestas fue apuntar a la importancia de conservarlos por la obtención de materia prima para construcción, alimento, productos medicinales y sitios de atracción turística (Fig. 2).

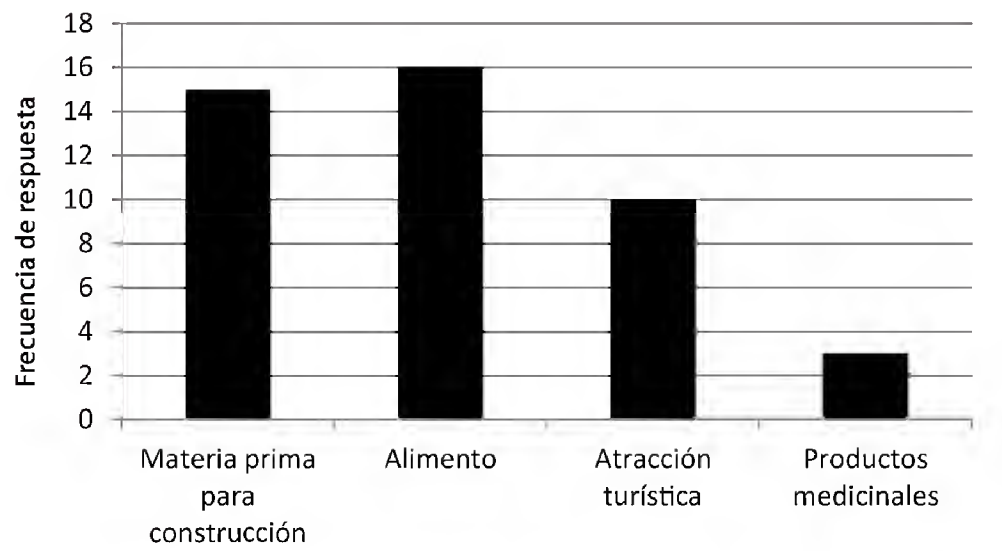


FIGURA 2. Servicios ambientales de los humedales, percibidos por los informantes clave.

Percepciones sobre cambios en la vegetación y ecosistemas de humedales

De acuerdo con la historia oral de los pobladores, la comunidad de Monte Gordo se originó hace más de 80 años y se le dio dicho nombre debido a la abundancia de vegetación. En los años 40's y 50's, con la construcción de carreteras asfaltadas se inició el desmonte y se observaron los primeros deterioros de la vegetación, incluyendo el de zonas inundables de la región. Lo anterior se intensificó con el aumento de población que se fue asentando en la comunidad. La escasez de vegetación con el paso de los años es clara cuando los pobladores de mayor edad y que han vivido en la comunidad toda su vida comentan:

“Ahora cada vez hay menos árboles, antes lo único que se veía a lo lejos eran los árboles y el monte, ahora se distinguen fácilmente las casas, los potreros, cultivos y el mar porque ya no hay vegetación, yo recuerdo que aquí había tigres y venados y ahora solo se ven en libros o la televisión” (ama de casa, 71 años).

“Cada vez tenemos menos árboles y plantas, ya algunas de las que antes había ni existen, mis nietos me preguntan qué plantas había y les tengo que platicar porque ya ni hay como enseñárselas y todo por querer tener más terrenos” (ama de casa, 66 años).

De acuerdo con la percepción de los pobladores, la pérdida de vegetación generada en la comunidad, incluye zonas de selvas inundables y estas han ido disminuyendo a lo largo de los años y los refieren como manglares o Ciénegas. El joven presidente de una cooperativa piscicultora, originario de la comunidad, con grado de estudio de nivel de educación media superior y además con una extensa experiencia como pescador, apunta que:

“Los manglares y ciénegas se han ido perdiendo como en un 60% principalmente por querer tener más terreno para el ganado, ya que es lo más prioritario para los ganaderos, tumban, queman los árboles, y tratan de secar los terrenos, ya que si no el ganado se atasca y puede ser pérdida.”

La gente está consciente de la pérdida de humedales en la zona. De hecho, señalan que en el estero, una de sus zonas de borde ya solo posee una franja con árboles, lo cual com-

prende a las selvas inundables, en las que señalan predominan el zapote reventador (*Pachira aquatica*), cuyo fruto es comido por las aves. Hay varios pobladores que siguen dejando pequeñas áreas sin talar dentro de sus parcelas, en parte porque están conscientes de los beneficios que provee la presencia de manglares o selvas inundables de agua dulce.

“Los manglares y ciénagas sirven para que tengamos agua y para que la podamos tomar de los pozos de forma dulce, si los seguimos tumbando nuestros pozos ya no van a tener agua dulce si no salada y así no la podemos tomar, por eso yo en mi parcela tengo una parte en la que dejo que retoñen los mangles y otros árboles y ya la otra parte es para el ganado” (comisariado ejidal, 58 años).

“Yo creo que debemos preservar lo poco que queda. En las parcelas de mi esposo, tenemos un área en la que seguimos dejando crecer la vegetación de mangles y otros árboles que crecen por el estero porque después nos van a servir para sacar postes para las cercas, y si no de cemento salen caros” (maestra, 50 años).

“Sí es importante que cuidemos y conservemos las ciénagas, los pantanos y los manglares porque eso ayuda a que hayan muchos peces y camarones, antes bien fácil los agarraba uno a simple vista, ahora ya casi ni hay, no tienen donde crecer” (delegado comunitario, 47 años).

Estos relatos y fragmentos de la vida y las percepciones de la gente de Monte Gordo, indican que conocen algunas de las problemáticas generadas por la pérdida de humedales, y además realizan esfuerzos como el reforestar o dejar fragmentos de vegetación para mantener la presencia de dichos ecosistemas. Sin embargo, a pesar de lo anterior, los pobladores notan la contaminación y los daños a la naturaleza que han deteriorado las zonas con paisajes turísticos de Monte Gordo, como se aprecia en los siguientes comentarios.

“La atracción de turistas a la zona de Monte Gordo se debe básicamente a sus playas y las ciénegas, ya que la gente disfruta de los paseos en lancha a los manglares, pero esos sitios son explotados cada vez más y eso es dañino para el ambiente y por eso luego tenemos muchos cambios de clima y así los turistas ya no frecuentan estos sitios, además hace falta divulgación”. (hotelero, 37 años).



“Las playas y los manglares son los lugares por los que aquí hay turistas, pero el hecho de que se estén perdiendo los paisajes naturales, provoca el desinterés por seguir viniendo a nuestra zona turística, ya que cada vez hay menos zona de playa y más contaminación, falta concientización y cultura en todos para mantener limpios y bonitos nuestros sitios” (hotelero, 35 años).

“Aunque en la comunidad tenemos manglares, esteros y playas que son lugares que los turistas disfrutan, esos sitios han disminuido con el paso del tiempo, porque los terrenos los cambian a pastizales [...] es muy difícil ver la cantidad de cangrejos o aves que existían antes” (profesor, 63 años)

Ante los problemas ocasionados por el deterioro de los humedales y la consciente percepción de la gente en que los daños han sido provocados por los humanos, también se les preguntó qué recomendaciones o sugerencias podrían dar para conservar las zonas de humedales que aún existen y cómo contribuirían a la conservación de los mismos.

“Hace falta concientización a la gente y respetar las vedas para que los peces se desarrollen bien, pero no se puede decir no pesques, si no hay otras opciones de trabajo, ya que existen familias que dependen solo de esas pescas y pues no tendrían qué comer.”(comisariado ejidal, 58 años).

“Para conservar lo que queda hace falta que ya no tumben los árboles, las autoridades no le dan mucha importancia al cuidado de la naturaleza y menos en Monte Gordo, a veces escuchamos cosas en la tele pero por acá no hay nada para cuidar los manglares y las ciénagas, aunque quisiéramos ayudar a hacer algo por cuidar, ya por mi edad sería difícil, pero los jóvenes es importante que los enseñen a cuidar” (ama de casa, 80 años).

“Sí es importante proteger la naturaleza, hacen falta apoyos económicos y talleres o cursos para organizar grupos de protección a los paisajes, además si se sigue deforestando podríamos perder agua dulce y a mí sí me gustaría participar de la forma que fuera, ya sea concientizando a la gente en general y aprendiendo más sobre la

conservación para enseñárselo a mis alumnos” (maestra primaria, 30 años).

“Es importante que los jóvenes se interesen en cuidar la naturaleza, ustedes que están jóvenes y saben deben de compartir lo que saben para ver si hay un poco de concientización e interés por cuidar lo que queda” (maestra primaria, 50 años).

“Falta difusión por el cuidado de la naturaleza y por los beneficios que la presencia de humedales tiene en la comunidad y el medio ambiente en general, yo creo poder ayudar si fuese posible en hacer razonar a las personas, en impartir información e inculcarlo igual en los jóvenes, pero hacen falta también tener la información justa de lo que se quiere informar” (maestro secundaria, 44 años).

Es notorio el interés en algunos pobladores de la comunidad, principalmente los maestros, por la conservación de los humedales y de la necesidad de promover información necesaria para concientizar sobre el beneficio de la presencia de humedales y los daños que se generarían con la ausencia de estos. En general, son los habitantes de mayor edad quienes proponen que a los jóvenes les resulta prioritario cambiar actitudes en beneficio de los ecosistemas, porque son quienes muestran el menor interés por la naturaleza y por continuar con las actividades de campo o pesca. De acuerdo con los adultos, en la actualidad, los jóvenes se dedican a actividades como la albañilería, chofer de taxi o empleo en las zonas urbanas. Los entrevistados reconocen la presencia de humedales donde aún existen lagartos, peces, garzas, patos, tortugas y cangrejos. La pesca y captura de cangrejo azul, conocido en la comunidad como guanaja (*Cardisoma guanhumi*) son algunos de los recursos alimenticios que los habitantes obtienen de los humedales. Los informantes clave perciben: cambios en el uso de uso suelo, contaminación de los humedales y uso excesivo de los recursos ecosistémicos, como amenazas para la conservación de los humedales arbóreos. El desinterés de las nuevas generaciones por los ecosistemas de humedales también es un punto negativo para los mismos, porque al no haber un uso directo entre los habitantes y el humedal, no habrá una apropiación de este por parte de los habitantes, y no habría interés por

preservarlo o usarlo apropiadamente. Por ello, resulta prioritario fomentar desde los jóvenes una educación ambiental que integre los servicios ambientales que los ecosistemas de humedales proveen y que resultan en un beneficio para los seres vivos, aunque no hagan usos directo de los ecosistemas. La deforestación y la contaminación, permanecieron como amenazas identificadas por los entrevistados desde el inicio del estudio. Una de las amenazas constantes relatada por los habitantes es la descarga continua de desechos de una fábrica de jugos en la zona alta del estero.

“Hay una juguera más arriba que descarga lo que le sobra de los cítricos y desde entonces el agua se ve más oscura, más sucia” (campesino, 76 años).

Percepciones del servicio ambiental de mitigación de inundaciones y protección de costas por los humedales arbóreos

Cuando se les preguntó si creen que los humedales mitigan o favorecen la disminución de desastres naturales y si la conservación de dichos ecosistemas resulta importante, 98% de los encuestados considera pertinente la conservación de los mismos, 92% los consideró como sitios en desaparición y que forman parte de la naturaleza, pero sin tener claro su función (zonas de amortiguamiento, barreras de defensa contra huracanes, almacenamiento de carbono, etc.) ante los desastres naturales. Solo 8% de los encuestados argumentó la importancia del cuidado de los humedales por los servicios que prestan. Cuando se les pregunta sobre su interés por conocer más sobre el funcionamiento y los procesos que de forma natural ocurren en los humedales, 98% de la población dijo estar interesada. Los entrevistados consideran necesaria la concientización sobre los daños que causan la pérdida de los ecosistemas y el manejo inadecuado de los humedales, pero a la vez dejan ver la importancia de que los aplicadores de normas o estrategias que prohíban el uso de los recursos de humedales, proporcionen a su vez opciones de actividades que permitan el sostenimiento familiar, es decir, considerar los requerimientos de sobrevivencia de las personas que viven directamente de los humedales. Los maestros desta-

can la importancia de inculcar en los jóvenes la responsabilidad por el cuidado de los humedales y su importancia, partiendo de los problemas que en la comunidad se observan. Del análisis de las expresiones textuales de los informantes se puede inferir también que perciben que el cambio climático es uno de los grandes problemas ambientales causado por la deforestación, contaminación y cambio de uso de suelo. Los entrevistados relacionan el cambio climático con el incremento de la frecuencia de tormentas y huracanes, los cuales han impactado con mayor intensidad en comparación con décadas anteriores. El calor excesivo y penetrante es otro de los efectos que reconocen que se ha incrementado en los últimos años en comparación a 10 o 20 años atrás.

DISCUSIÓN

La utilización de los recursos y la forma como se relaciona la gente con los humedales y como los percibe, varía a nivel mundial, ya que los contextos culturales y biogeográficos difieren, e involucran necesidades específicas en los diferentes grupos o comunidades existentes. Para el caso de México, existen muchas poblaciones costeras en las que sus habitantes dependen en gran parte de los recursos que los humedales arbóreos y otros tipos de humedales proveen. Por lo tanto, esto debe ser considerado antes de asumir cualquier estrategia de EA para conservar ecosistemas. Carvajal (1994), evaluó la percepción sobre el uso de suelo de Costa Rica; encontró que el suelo es percibido de diferente forma según los recursos que se obtienen del mismo. Lo anterior, es similar a lo observado en este trabajo, donde la percepción cambia con respecto a las actividades de los pobladores, es decir, con respecto al uso que cada quien le da al humedal y el valor económico, y por lo tanto los beneficios de los humedales no son visualizados de la misma manera. Las actividades dentro de la comunidad juegan un papel importante en la forma de percibir a los humedales y dicho papel puede ser el principal factor por el cual se evidencian cambios de percepción hacia los recursos naturales. Esta afirmación coincide con el estudio de Chávez (2007), quien observó que los habitantes percibieron a los recursos agua, suelo y vegetación



según la actividad y la remuneración que obtenían haciendo uso de tales recursos. El papel que los diferentes grupos desempeñan dentro de la sociedad, genera cambios de percepción atribuidos a modo de vida y etapa generacional en una misma población y de acuerdo con los recursos obtenidos de los ecosistemas (Mahan *et al.*, 2000; Delgado *et al.*, 2009; Seidl *et al.* 2011).

Con respecto a los beneficios de servicios ambientales que proporcionan los humedales, los cuales no fueron percibidos en la mayoría de la población, en este estudio se observó que los informantes claves solo percibieron los servicios de aprovisionamiento, es decir aquellos beneficios obtenidos como productos del ecosistema (alimentos, leña, agua; Valdez y Ruiz, 2012), mas no fueron percibidos los servicios de regulación como los de regulación del clima, saneamiento del agua, polinización o atenuación de efectos climáticos como inundaciones, siendo que esta última es una problemática común en temporadas de lluvia (julio-octubre) y temporadas de nortes con lluvias (noviembre-febrero). Tan solo en la zona turística Costa Esmeralda, en la cual se ubica la comunidad de Monte Gordo, se han registrado inundaciones severas durante los años 1955, 1974, 1981, 1986, 1999, 2005, 2010 y 2013 (Gárnica y Alcántara, 2004; Tejeda, 2006; Anaya *et al.*, 2012; Sinavef, 2013) como consecuencia de los desbordamientos del río Tecolutla por la presencia de ciclones, huracanes o tormentas tropicales. Ante lo anterior, resalta el considerar como punto clave en futuras estrategias de EA a los servicios de regulación que propician la presencia de humedales, ya que estos actúan como barreras naturales ante los efectos de tormentas y huracanes y atenúan los flujos de inundación (Buenfil, 2009). El conocimiento de estos servicios por los habitantes, podría favorecer su concientización ante cualquier intención de cambio de uso de suelo. En el caso de los jóvenes estudiantes, estos tuvieron diferencias de percepción más frecuentes sobre el uso y funciones de los humedales con respecto al grupo de la población potencialmente productiva, lo cual puede ser atribuido a la edad o a la poca interacción que dicho grupo encuestado tiene con los humedales. Esto tiene relación con el estudio de Natori y Chenoweth (2008), quienes evaluaron la percepción sobre

humedales entre campesinos y naturalistas en Japón. Los autores observaron que las características de ser sitios abiertos y de apropiación fueron variables primordiales para los campesinos y no para los naturalistas: para estos últimos, la variable naturaleza y biodiversidad fueron más relevantes, quizá porque ellos no hacían uso de los humedales y porque las edades de los naturalistas eran entre 18 y 29 años y la de los campesinos alrededor de 60 años.

Son los jóvenes (grupo de edad entre 13 y 17 años) en quienes se percibió la pérdida de interés de continuar con las actividades locales como la pesca o la agricultura, y por conservar la vegetación que aún existe en la comunidad. Lo anterior se debe a que como muchos, en la actualidad sus intereses se centran más en actividades con mejores salarios, incidiendo en actividades como albañilería, conducción de taxis o prestación de servicios turísticos. La pesca o los cultivos en zonas de humedales son actividades menos comunes actualmente, aun por los propios adultos. Hay vedas constantes que impiden la captura de peces o mariscos, Chávez (2006) encontró que antes de las inundaciones de 1999, la pesca ocupaba 50% de las actividades de los económicamente activos, pero que dicha actividad ha sido cada vez menos remunerada y que ahora son más comunes otras actividades como las descritas previamente y que comprenden el sector terciario. De acuerdo con Inegi (2010b) y SNIM (2008), las actividades del sector primario han disminuido cerca de 15% y las actividades del sector terciario que incluyen transporte, comercio, hoteles y restaurantes se duplicaron en tan solo 5 años (Tabla 1). Lo anterior ha propiciado que haya una desvinculación de los jóvenes con los humedales, si no existe un sentido de apropiación de los ecosistemas que los rodean, hay una lógica detrás de la falta de conocimiento sobre qué son y cuál es el papel de los humedales. Se considera por lo tanto, que los jóvenes son el grupo más apropiado para iniciar un programa de educación ambiental para la conservación de los humedales que en el diseño enfatice los contenidos sobre las consecuencias de la pérdida de diversidad observadas en la comunidad y del incremento de la vulnerabilidad a inundaciones sin presencia de humedales.

Por las percepciones observadas, derivadas de las actividades que la población ejerce, es necesario que la población con las características del grupo de jóvenes que formaron parte de este estudio, conozcan primero las características y beneficios que proveen los humedales y después las problemáticas locales en cuanto al deterioro y consecuencias que se generarían por la pérdida de dichos ecosistemas. Es prioritario además promover que esto no es solo de importancia para los propietarios de terrenos donde hay humedales o para los pescadores. Otro aspecto importante por atender, es otorgarles la posibilidad de participar activamente en las propuestas para el buen uso y conservación de los ecosistemas de humedales. Ellos necesitan sentirse también responsables de las problemáticas observadas y se les debe animar a que realicen propuestas que permitan lograr la conservación y protección de los humedales en el mediano y largo plazo. Freire (1985) hace hincapié en esta reflexión; el educador brasileño critica los métodos de enseñanza rutinarios que se han utilizado a lo largo de los años, en los que el maestro es quien decide qué temas o palabras se proponen a los educandos. Los educandos a su vez, son vistos como seres pasivos incapaces de generar sus propias ideas y conocimientos. Para Freire, lograr que la educación genere un cambio social o concientización requiere ser implementada partiendo de las necesidades o problemas propios de vida, para con ello, generar el interés de leer su propia identidad y crear la capacidad en los individuos de reflexionar y tomar acción en las problemáticas o situaciones que alrededor de ellos se generan. Los problemas ambientales y sus posibles causas han sido identificados entre los habitantes de Monte Gordo. En los últimos años, varios autores han enfatizado que los problemas ambientales son de origen cultural y económico (Zamorano *et al.*, 2009); por lo tanto, el diseño de estrategias de educación ambiental debe orientarse a la solución de problemas, sin dejar de considerar los criterios de una educación acción-reflexión-acción por parte del educando descritos por Freire (1985) previamente. Visto desde la óptica de Carmen (2004), para que haya una participación creativa y una asimilación real en la implementación de programas educativos

con características similares, debe haber una información fluida, clara y concisa que conlleve a la cooperación, compromiso y confianza entre los educandos y educadores.

Reflexiones entre percepciones de jóvenes y adultos (generacional)

Análisis de percepciones de adultos (generación anterior)

De acuerdo con el análisis de las entrevistas realizadas en adultos en la comunidad de Monte Gordo, existen problemas económicos, políticos y sociales que están afectando directa o indirectamente la integridad de los ecosistemas de humedales arbóreos. Se percibe que la escasez de entrada económica en los pescadores e interés de los dueños de terrenos adyacentes a los humedales por tener más área para ganado son algunas de las situaciones que han propiciado la pérdida y mal uso de los humedales en la comunidad. Tan solo de 1995 al 2006, Martínez *et al.* (2014) observaron 74 ha de pérdida de humedales arbóreos y más de 60 ha nuevas de terrenos pastoreo en el municipio en estudio. El cambio de uso de suelo también ha sido observado para la zona central norte del Golfo de México, región que incluye a la zona de estudio (Moreno-Casasola *et al.* 2012). Cabe mencionar que también, se obtuvieron respuestas de percepción contradictorias en los adultos al indicar que se saben alertas de las consecuencias que se originan con el mal uso de los humedales, por lo que manifiestan realizar pequeñas acciones para preservar las áreas de humedales y su vegetación, pero al mismo tiempo pescan en temporadas de vedas, talan sin permisos pertinentes y desecan áreas de humedales para extensión de terreno para ganado por las necesidades económicas. De no atender las problemáticas encontradas en la comunidad con respecto a los humedales, se visualiza que en tan solo una o dos décadas, los humedales dejarían de ser menos productivos debido a la intensa descarga de contaminantes a los ecosistemas, lo cual a la vez generaría escasez de pesca por la baja tasa de crecimiento y producción de peces y agua de menor calidad para los habitantes y la fauna. Además, la tala excesiva de árboles generaría des-



lave de las zonas de borde de los esteros por la disminución de vegetación y posibles periodos prolongados de inundación. De los terrenos existentes, Martínez *et al.* (2014) encontraron que en la región Costa Esmeralda, región donde se ubica la comunidad en estudio, la zona urbana ha incrementado de 1995 a 2006 de 132 ha a 220 ha, mientras que las zonas de cultivo disminuyeron de 1717 ha a 1642 ha, los campesinos son los principales dueños de los terrenos existentes, en la comunidad no hay presencia de indígenas (Inegi, 2010a). La zona urbana ha aumentado debido a la instalación de hoteles y restaurantes, lugares donde muchos de los habitantes han ocupado puestos de trabajo temporal, el cual incrementa en temporadas de vacaciones como Semana Santa (abril).

Problemática de pérdida de humedales y su relación con los jóvenes.

Ante las percepciones observadas en la comunidad de Monte Gordo con respecto al mal manejo de los humedales, es necesario atender los conflictos que han propiciado la pérdida de dichos ecosistemas, para evitar que las generaciones futuras no puedan disfrutar de los servicios ambientales que los ecosistemas de humedales proveen. Ante tal alarma, los jóvenes pueden tener una función de gran importancia para atenuar la problemática del presente y evitar problemas más graves en el futuro. Sin embargo, de acuerdo con las percepciones analizadas en los jóvenes, en la comunidad existe una gran desvinculación entre intereses y actividades cotidianas de los jóvenes con respecto a los humedales. Se percibió una clara desconexión entre las generaciones anteriores y las actuales. Por lo anterior, resulta pertinente vincular y ligar a los jóvenes con la problemática de su entorno para que sean ellos los posibles actores que moldeen el futuro de su comunidad, aun cuando sus actividades económicas no dependan de los humedales. Resulta crucial promover en ellos acciones que les permitan canalizar su energía e intereses para solucionar los problemas de sus ecosistemas y visualizarse en el futuro con sus recursos naturales, lo cual no debe estar desconectado con los intereses de superación y de mejor cali-

dad de vida. Los programas que se inicien deben encaminar a los jóvenes para ser los propios líderes de la comunidad de la mano con el conocimiento empírico de las generaciones anteriores, para generar en los jóvenes sus propias propuestas con acciones de beneficio colectivo y que la percepción hacia los humedales cambie de forma positiva en el futuro. De igual manera, resulta pertinente el establecimiento de normas y políticas que regulen el cuidado y funcionamiento de las selvas inundables de agua dulce o humedales arbóreos ya que, actualmente, la protección hacia humedales se ha enfocado principalmente a los manglares, siendo que las selvas inundables de agua dulce también tienen alto potencial como secuestradores de carbono. Marín-Muñiz *et al.* (2014) evaluaron dicha función en humedales costeros de agua dulce del Golfo de México entre los que se incluían selvas inundables de agua dulce de la zona de Monte Gordo, encontrando que estas ayudan a mitigar el calentamiento global. Esta información también debe ser considerada en futuras estrategias ambientales, ya que no es percibida y más bien, desconocida por los habitantes en estudio. De igual manera, debe ser considerada para posibles iniciativas para promover políticas o estrategias de pago por servicios ambientales para la conservación de las selvas inundables. Dichas iniciativas podrían generarse desde los jóvenes, si primeramente conocen a fondo la importancia de los servicios ambientales de sus ecosistemas de humedales tanto de aprovisionamiento como culturales y de regulación, parte crucial en los planes de diseño de estrategias de educación ambiental.

CONCLUSIONES

Las percepciones sobre los servicios ambientales de los humedales difirieron entre la población potencialmente productiva y los jóvenes estudiantes de Monte Gordo, resultado de las experiencias directas con los ecosistemas y necesidades individuales. Los servicios ambientales de los humedales fueron menos percibidos por los estudiantes que por la población potencialmente productiva. Las percepciones observadas por los informan-

tes clave destacan los principales problemas locales que afectan a los humedales como contaminación, cambio de uso de suelo y deforestación, actividades que repercuten en problemáticas ecológicas, económicas, sociales y hasta de salud. De acuerdo con las percepciones, se resalta la necesidad de fortalecer la acción colectiva entre los habitantes para un bien común. La investigación realizada muestra cómo el uso e interpretación de las percepciones puede encaminar de forma más directa al diseño de estrategias educativas específicas para los actores involucrados en los problemas locales, en este caso la pérdida por mal uso de los humedales, aún en sectores con heterogeneidad de población. La información de este estudio será útil para diseñar y mejorar los programas de educación ambiental, ya que con dicha herramienta se analizan los significados, necesidades y problemas para darles una solución más guiada de acuerdo con el contexto de Monte Gordo, lo cual pudiera replicarse en otras comunidades con presencia de humedales

AGRADECIMIENTOS

Al fondo sectorial Conacyt-Semarnat, por el financiamiento otorgado para la realización del proyecto No. 107887. Al Conacyt por la beca doctoral No. 229637. A la familia Marín Mejía por su apoyo y colaboración para la convivencia y comunicación con los habitantes de Monte Gordo, Ver. A Víctor M. Tress, Alejandro Marín y Eduvina Marín por su apoyo en la aplicación de entrevistas. A las habitantes de Monte Gordo, quienes compartieron información importante para el proyecto a través de las entrevistas.

REFERENCIAS

- Abarca, J.F y M. Herzig. 2002. Manual para el manejo y conservación de los humedales en México. Publicación especial. 3ª ed. Arizona Game & Fish, Dumac, Environment Canada, NAWCC, Pronatura, RAMSAR, Semarnat, SWS, U.S. Fish y Wildlife Service.
- Anaya, M.P., J.J. Domínguez y C. Domínguez. 2012. Hacia una cultura de prevención contra desastres naturales. Los medios de comunicación y su participación en el huracán Karl. Editorial Académica Española. 84 p.
- Blázquez, E.F. 2001. Sociedad de la información y la educación. Consejería de educación ciencia y tecnología. Ed. Junta de Extremadura Mérida. 240 p.
- Buenfil, J. 2009. Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México. Vol 2. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Carmen, R. 2004. Desarrollo autónomo. Humanización del paisaje: una incursión en el pensamiento y la práctica radical. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Carmona-Díaz, G., J. Morales-Mávil y E. Rodríguez-Luna. 2004. Plan de manejo para el manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz, México: una estrategia para la conservación de sus recursos naturales. *Madera y Bosques* 10(2):5-23.
- Carrero, A. y M. García. 2008. Impacto de un programa educativo ambiental aplicado para promover la participación ciudadana en la zona costera del estado de Miranda. *Revista de Investigación* 64:103-133.
- Carvajal, A.G. 1994. Clima, suelo, bosque y sus interrelaciones en la percepción de los Talamaqueños, Costa Rica. *Anuario de Estudios Centroamericanos* 20(1):43-64.
- Chávez, A.L.R. 2006. Impacto socioterritorial de las reubicaciones de comunidades ocasionadas por las inundaciones de 1999 en el Municipio de Tecolutla, Veracruz y sus Alrededores. México. Tesis de Licenciatura en Geografía. UNAM.
- Chávez, B.G. 2007. Percepción del ecosistema por la comunidad de San Crisanto en Yucatán de acuerdo con su actividad. *Cuicuilco* 14(39):99-114.
- Cortina, J.B. 2008. Educación Ambiental para la conservación de los recursos naturales. Una experiencia de gestión y participación en Alvarado, Veracruz, México (1999-2005). Reporte para obtener el título de Licenciado en Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Delgado, J.M. y J. Gutiérrez. 1995. Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales. Ed. Síntesis. España.
- Delgado, L.E., Marín V.H., Bachmann P. y Torres-Gomez M. 2009. Conceptual models for ecosystem management



- through the participation of local social actors: the río cruces wetland conflict. *Ecology and Society* 14(1):50.
- Dieleman, H. y M. Juárez-Nájera. 2008. ¿Cómo se puede diseñar educación ambiental para la sustentabilidad? *Revista internacional de contaminación ambiental* 24(4):131-147.
- Dugan, P. (ed.). 1992. Conservación de humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. UICN. Gland. Suiza. 100 p.
- Fernández, M.Y. 2008. ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales? Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en áreas naturales protegidas. *Espiral, estudios sobre estado y sociedad* 15(43):179-202.
- Freire, P. 1985. The politics of education: Culture, power, and liberation. Bergin and Garvey. South Hadley, MA. 209p.
- Garnica, R. J. e I. Alcántara, 2004. Riesgos por inundación asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del río Tecolutla, Veracruz. *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 55:23-45.
- Harris, M. 1996. Antropología cultural. Ed. Alianza. España. p:428-429.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tecolutla, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave 30158.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010a. Censo de población y vivienda. México.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010b. Censos nacionales. <http://www.inegi.gob.mx>.
- Kaplowitz, M. y J. Kerr. 2003. Michigan residents' perceptions of wetlands and mitigation. *Wetlands* 23(2):267-277.
- López, H., P. Moreno-Casasola e I. Mendelssonhn. 2006. Effects of experimental disturbances on a tropical freshwater marsh invaded by the African grass *Echinochloa pyramidalis*. *Wetlands* 26(2):593-604.
- López-Portillo, J., V.M. Vásquez R., L.R. Gómez A. y A.G. Priego S. 2010. Humedales. In: E. Florescano y J. Ortiz E., coord. Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz. Tomo 1. Comisión del Estado de Veracruz para la conmemoración de la independencia nacional y la revolución Mexicana. p:227-248.
- Mahan, L.B., S. Polasky y M.A. Richard. 2000. Valuing urban wetlands: a property Price approach. *Land Economics* 76(1):100-113.
- Manson, R. y P. Moreno-Casasola. 2007. Los servicios ambientales que proporciona la zona costera. In: P. Moreno Casasola, E. Peresbarbosa y A.C. Travieso Bello, eds. Estrategias para el manejo costera integral: el enfoque municipal. Inecol-Gobierno del Estado de Veracruz. p: 319-348.
- Manuel, P. 2003. Cultural perceptions of small urban wetlands: cases from the Halifax regional municipality, Nova Scotia, Canada. *Wetlands* 23(4):921-940.
- Marín-Muñiz, J.L y M.E. Hernández. 2013. Selvas inundables de agua dulce: valor y amenazas. *Biodiversita*.108:7-11.
- Marín-Muñiz, J.L., M.E. Hernández y P. Moreno-Casasola. 2014. Comparing carbon sequestration in coastal freshwater wetlands with different geomorphic features and plant communities in Veracruz, Mexico. *Plant and Soil* 378(1):189-203.
- Martínez, M.L., G. Mendoza, R. Silva y E. Mendoza. 2014. Land use changes and sea level rise may induce a "coastal squeeze" on the coasts of Veracruz, Mexico. *Global Environmental Change*. 29: 180-188.
- Mendoza, G. 2009. Análisis del cambio de uso del suelo y valoración de los servicios ecosistémicos en tres sitios turísticos costeros del estado de Veracruz. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver. México.
- Mendoza, G., M.L. Martínez., D. Lithgow., O. Pérez-Maqueo y P. Simonin. 2012. Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. *Ecological Economics* 82:23-32.
- Mitsch, W.J. y J. Gosselink. 2007. Wetlands. 4ª ed. John Wiley and Sons. Nueva York. 581p.
- Mora, M. 2002. La teoría de las representaciones sociales de Serge Moscovici. *Athenea Digital* 2:1-25.
- Moreno-Casasola, P., ed. 2006. Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver. México. 576 p.
- Moreno-Casasola, P., H. López., D. Infante., L.A. Peralta., A.C. Travieso-Bello y B.G. Warner. 2009. Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wet-

- land differentiation in La Mancha, Veracruz, México. *Plant and Ecology* 200(1):37-52.
- Moreno-Casasola, P. 2009. La educación ambiental como un instrumento hacia la creación de un desarrollo costero sustentable, *In*: A. Castillo y E. González G., coord.. Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. p:35-70.
- Moreno-Casasola, P. y M.D. Infante. 2009. Manglares y selvas inundables. Instituto de Ecología A.C. Conafort Y OIMT. Xalapa, Ver. México. 150 p.
- Moreno-Casasola, P., E. Cejudo-Espinosa., A. Capistrán-Barra-das., D. Infante-Mata., H. López-Rosas., G. Castillo-Campos., J. Pale-Pale y A. Campos-Cascaredo. 2010. Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. *Boletín de la sociedad botánica de México* 87:29-50.
- Ndaruga, A. y P. Irwin. 2003. Cultural perceptions of wetlands by primary school teachers in Kenya. *International Research in Geographical and Environmental Education* 12(3):219-230.
- Natori, Y. y R. Chenoweth. 2008. Differences in rural landscape perceptions and preferences between farmers and naturalist. *Journal of Environmental Psychology* 28(3):250-267.
- Peralta-Peláez, L.A. y P. Moreno-Casasola. 2009. Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en lagos interdunarios de Veracruz. *Boletín de la sociedad botánica de México* 85:89-101.
- Pérez, G. 1994. Investigación cualitativa, retos e interrogantes. La Muralla. Madrid.
- Rodríguez-Luna, E., A. Gómez-Pompa., J.C. López-Acosta., N. Velázquez., Y. Aguilar y M. Vázquez. 2011. Atlas de los espacios naturales protegidos de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, UV, Centro de Investigaciones Tropicales.
- Rosete-Vergés, F., J.L. Pérez-Damián., M. Villalobos-Delgado., E. Navarro-Salas., E. Salinas-Chávez y R. Remond-Noa. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* 20(1):21-35.
- Seidl, G.U., L.A. Arriola y A.A. Evangelista. 2011. “Ya no hay árboles ni agua”. Perspectivas de los cambios ambientales en comunidades de Zinacantán, Chiapas. *LiminaR. Estudios Sociales y Humanísticos* 19(1):98-119.
- SIM (Sistema de información Municipal). 2015- Cuadernillos Municipales. Tecolutla. Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz y Gobierno del Estado de Veracruz.
- Sinavef (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria). 2013. Temporada de huracanes 2013. Tormenta tropical Barry. No. 004. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SNIM (Sistema Nacional de Información Municipal). 2008. Versión 7.0. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Consultado en Julio 2008.
- Steven, T y R. Bogdan. 1984. Introduction to qualitative research methods: the search for meanings. John Wiley & Sons. Nueva York. 302 p.
- Tejeda, A. 2006. Panorámica de las inundaciones en el estado de Veracruz durante 2005. *In*: A. Tejeda-Martínez y C. Welsh- Rodríguez, eds. Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. p:9-20.
- Toledo, M.V. 1993. La racionalidad ecológica de la producción campesina. *In*: V. Toledo, N. Barrera, F. Eccardi y C. Carrillo, eds. Introducción a la ecología humana. México. p:197-217.
- Valdez C. y A. Ruiz A. 2012. Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. Una revisión. *Revista Bio Ciencias* 1(4):3-15.
- Vargas, C y L. Hernández. 2010. Validez y confiabilidad del cuestionario. Prácticas y cuidado que realizan consigo las mujeres del posparto. *Avances en Enfermería* 28:96-106.
- Vargas, M.L. 1994. Sobre el concepto de percepción. *Alteridades* 4(8):47-53.
- Velasco, J.J. 2008. La ciénega de Chiconahuapan, estado de México: un humedal en deterioro constante. *Contribuciones desde Coatepec* 15:101-125.
- Velázquez, E. y O. Hoffmann. 1994. Introducción. *In*: O. Hoffmann y E. Velázquez, coord. Las llanuras costeras de



Veracruz. La lenta construcción de regiones. ORSTOM. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. p:13-37.

Zamorano, G.B., S.V. Parra., C.F. Peña., M.Y. Castillo y M.J. Vargas. 2009. Percepción ambiental en estudiantes de secundaria. *Actualidades Investigativas en Educación* 9(3):1-19.

Manuscrito recibido el 19 de noviembre de 2014.

Aceptado el 19 de octubre de 2015.

Este documento se debe citar como:

Marín-Muñiz, J.L., M.E. Hernández A., E. Silva R. y P. Moreno-Casasola. 2016. Percepciones sobre servicios ambientales y pérdida de humedales arbóreos en la comunidad de Monte Gordo, Veracruz. *Madera y Bosques* 22(1):53-69.



Percepción local respecto a la **valoración ambiental** y pérdida de los recursos forestales en la región **Huasteca** de San Luis Potosí, México

Local perception regarding to the environmental assessment and loss of
forest resources in the Huasteca region of San Luis Potosi, Mexico

Carmelo Peralta-Rivero^{1*}, M. Guadalupe Galindo-Mendoza², Carlos Contreras-Servín², Marcos Algara-Siller³
y Jean François Mas-Caussel⁴

¹ Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma San Luis Potosí.

* Autor para correspondencia.
peralta.carmelo@gmail.com

² Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria / Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología. México.

³ Centro de Investigación y Estudios de Posgrado Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma San Luis Potosí. México.

⁴ Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

La pérdida de recursos forestales en la región Huasteca es un problema complejo que requiere un enfoque multidisciplinario y un proceso participativo de actores locales para detectar problemas y elaborar estrategias para mitigarlos. El objetivo del trabajo fue analizar la percepción local de la población respecto a la valoración ambiental y pérdida de los recursos forestales en el “Ejido Laguna del Mante” y la “Comunidad Toco” de la Huasteca de San Luis Potosí. Se desarrolló una metodología de análisis para evaluar la percepción local de la población y se aplicaron entrevistas semiestructuradas a actores claves. Asimismo, se realizó un mapeo participativo de percepción del pasado, presente y futuro de los recursos forestales y otros usos de suelo. Finalmente, se clasificó y calculó el cambio de cobertura y uso de suelo para ambas comunidades. Los resultados indican que la población percibe la pérdida y degradación de sus recursos forestales de acuerdo con su conocimiento local, basado fundamentalmente en las experiencias de sus actividades productivas, expresadas en entrevistas y mapas participativos de percepción. Ambas comunidades sufrieron procesos considerables de deforestación en el periodo 1973-2014. La metodología sobre percepción local apoyadas en mapeo participativo y análisis de cambios de cobertura y uso de suelo, permitió entender escenarios del estado de los recursos forestales y la dinámica productiva desarrollada en el área de estudio, y debe servir como herramienta para el desarrollo de estrategias y generación de políticas locales en post de la conservación y manejo de coberturas forestales en la Huasteca.

PALABRAS CLAVE: cambio de cobertura y uso de suelo, deforestación, Huasteca, mapeo participativo, percepción local ambiental.

ABSTRACT

The loss of forest resources in the Mexican Huasteca region is a complex problem, which requires a multidisciplinary approach and a participatory process of local stakeholders in order to detect problems and develop mitigation strategies. The objective of this study is to analyze the local perception of the population regarding the environmental assessment and the loss of forest resources in the Ejido Laguna del Mante and the Toco Community of the Huasteca in San Luis Potosi. A methodology for the analysis was developed to evaluate the perception of the local population and semi-structured interviews were applied to stakeholders. Also, a participatory mapping of perception of the past, present and future of the forest resources and other land uses was performed. Finally, in both communities the cover and land uses were classified, and its changes were calculated. The results point out that local population perceives the loss and degradation of their forest resources according to their local knowledge based primarily in the experiences of their productive activities, which is expressed in the interviews and participatory mapping of perception. Both communities suffered considerable deforestation for the period 1973-2014. The methodology based on local perception, supported by participatory mapping and the analysis of land cover and land use change, allowed the understanding of scenarios for the state of forest resources and the productive dynamics developed in the study area. It should serve as a tool for strategies and local policies development towards the conservation and management of the forest covers in the Huasteca.

KEYWORDS: land cover and land use change, deforestation, Huasteca, participatory mapping, local environmental perception.

INTRODUCCIÓN

Generalmente, los bosques tropicales son subvalorados y es frecuente que estos sean únicamente apreciados desde el punto de vista económico, resaltando el valor productivo de la madera o el cambio de uso de suelo hacia otras actividades económicas, lo cual trae como consecuencia la reducción de los recursos forestales (Pattie *et al.*, 2003; Peralta-Rivero *et al.*, 2013).

El caso de la región Huasteca de México no ha sido la excepción. La pérdida o alteración del estado de los recursos forestales por procesos de cambios de uso de suelo han aumentado hasta aproximadamente 80% del total del área para el año 2011 (Peralta-Rivero *et al.*, 2014a, 2014b). Estos procesos de deforestación se han incrementado debido a la diversificación de actividades productivas y económicas que trae como consecuencia el aprovechamiento desmesurado de los recursos naturales. Este tipo de degradación es un problema complejo que requiere un enfoque multidisciplinario para mitigarlo (Zepeda *et al.*, 2012). Asimismo, se precisa de un proceso participativo de los actores locales para enfrentar estos retos y elaborar estrategias para un mejor uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

Una metodología participativa, como por ejemplo la percepción del estado de sus recursos naturales, expresa el conocimiento que tiene la población de una comunidad sobre su territorio, reflejados en las actividades productivas o en áreas de protección u conservación (Tipula, 2008). Ese reconocimiento e interrelación por parte de los actores locales inmersos en esta dinámica, es uno de los elementos más poderosos en los procesos de toma de decisiones sobre los recursos naturales de sus comunidades (Ramos, 2007; Guevara-Hernández *et al.*, 2010; Guevara-Hernández *et al.*, 2011), y es por ello la importancia de conocer la idiosincrasia y los procesos que los actores locales realizan para desarrollar acciones y estrategias en pro de la conservación.

Debido a la necesidad de construir cartografía de cobertura y uso de suelo y conocer la dinámica multitemporal, la participación de la población fue indispensable en la creación de mapas participativos de percepción del pasado, presente y futuro. Las personas pudieron plasmar y observar cómo han evolucionado las coberturas y usos

de suelo en sus comunidades en un periodo de 40 años. Al mismo tiempo facilitó la elaboración de mapas a partir de imágenes de satélite y reconocer la trayectoria evolutiva de los cambios de cobertura de uso de suelo (CCUS) en las áreas evaluadas. El CCUS es una herramienta aplicada para evaluar estrategias de manejo y uso de recursos naturales, así como de manejo comunitario de los recursos forestales, proporcionando un indicador objetivo como es la tasa de cambio (Berry *et al.*, 1996; Masera *et al.*, 1999; Kiernan, 2000), producto considerado de gran utilidad para apoyar políticas encaminadas a disminuir o revertir el deterioro ambiental (Velázquez *et al.*, 2002).

Asimismo, para conocer la percepción local de la población fue importante diferenciar percepciones a nivel individual referente al manejo de sus recursos forestales para identificar causas y efectos de su deterioro (Portugal y García, 2012; Peralta-Rivero *et al.*, 2013) lo cual proporcionó un panorama general de la situación ambiental de las comunidades, misma que fue validada con los mapas participativos de percepción y la cartografía de la trayectoria evolutiva de cambios de cobertura y uso de suelo.

OBJETIVOS

Evaluar la percepción local de la población respecto a la valoración ambiental y pérdida de los recursos forestales en el tiempo pasado, presente y futuro en comunidades de la región Huasteca de San Luis Potosí.

Objetivo particular

Identificar los cambios de cobertura y uso de suelo ocurridos entre 1973 y 2014 apoyado en la interpretación de imágenes *Landsat* y en los mapas participativos de percepción en el “Ejido Laguna del Mante” y la “Comunidad Agraria Tocooy”.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en dos comunidades de la región Huasteca de San Luis Potosí, “Huasteca Potosina”: en el ejido Laguna del Mante y en la comunidad agraria Tocooy.



El ejido Laguna del Mante está localizado entre las coordenadas 22°13'06" Norte y 98°59'18" Oeste en la parte norte de la Huasteca Potosina dentro del municipio de Ciudad Valles (Fig. 1). El clima que predomina es el tropical con una temperatura media anual de 24.5 °C (Segob, 2010), la precipitación anual oscila entre 800 mm y 1500 mm (Vidal-Zepeda, 1990). Los tipos de suelo que predominan son del tipo rendzina, litosol y regosol (Inifap, 1995). El ejido fue establecido como tal en 1974 y tiene una extensión de 46 000 hectáreas, aproximadamente. Cuenta con 2030 habitantes, de los cuales 446 son ejidatarios. Solo 6% habla lengua indígena como el Náhuatl, Tének y Huasteco (Inegi, 2010). Su principal actividad económica está ligada a la agricultura a través de la plantación de caña de azúcar, limón y mango. Asimismo, la cría de ganado vacuno, ganado ovino y la pesca son importantes para su economía. Una particularidad de este ejido es que aproximadamente 14 000 hectáreas son parte de la Reserva de la Biosfera "Sierra del Abra Tanchipa", la cual fue declarada como tal en el año 1994 con un total de 21 000 hectáreas. Dentro de este territorio, y como parte de la reserva, el ejido tiene un área de 1947.73 hectáreas bajo el sistema de pagos por servicios ambientales para la conservación de los remanentes forestales comprendido para el periodo 2010-2015 (González, 2013).

Por otro lado, la comunidad Toco y está situada entre las coordenadas 21°38'21" Norte y 98°52'14" Oeste, en el municipio de San Antonio (Fig. 1). Predomina en la mayor parte del municipio el clima semicálido húmedo, con abundantes lluvias en verano (Acm), en el extremo Noreste, su clima es cálido subhúmedo (Aw2) y según la clasificación internacional de Köppen se lo determina como tropical. El promedio anual de la temperatura es de 24.7 °C; los meses más fríos ocurren entre diciembre y enero; su precipitación anual oscila entre 1200 mm y 1500 mm (Vidal-Zepeda, 1990), la temporada de lluvias ha sido muy cambiante en los últimos años (Cedem, 2009). El principal tipo de suelo de la comunidad es de tipo rendzina (Inifap, 1995). Tiene una extensión aproximada de 1058 hectáreas con una población de 1061 habitantes (Conabio, 2012) de los cuales 87.66% de los adultos habla

la lengua Tének. Asimismo, esta comunidad está catalogada por tener un alto grado de marginación (Conabio, 2012). La principal actividad económica de la comunidad está ligada a la agricultura de caña, maíz, tomate, calabazas, chile y al aprovechamiento de algunos tipos de madera para realizar artesanías de tallados de madera, utensilios de cocina y también para leña.

Método

Se ha reconocido que los habitantes de las comunidades rurales tienen un sofisticado y detallado conocimiento geográfico de su entorno inmediato y su validación aumenta el valor, la correlación y la utilidad del producto obtenido ya que es visto como una herramienta de importante para la conservación de sus recursos naturales (Ramos, 2007). De esta manera, mediante criterios, indicadores y percepciones del aspecto ambiental, productivo, económico y social, fue desarrollada una metodología de análisis con base en entrevistas semi-estructuradas para evaluar la percepción local de la población, complementada a través de un mapeo participativo de percepción y una cartografía de cobertura y uso de suelo basado clasificaciones de imágenes de satélite *Landsat* para medir la pérdida y degradación de recursos forestales en el área evaluada.

Percepción local de la población

La percepción fue evaluada con base en entrevistas semi-estructuradas, las cuales se basaron en temáticas en donde el entrevistador tuvo la libertad de introducir preguntas adicionales cuando surgió algún tema que ayudó a una mejor comprensión de la problemática de investigación, además, se recolectaron datos y se corroboró información cuando el entrevistado respondió de manera abierta sus respuestas. Para ello fue importante conocer el estado de los recursos forestales en las comunidades a través del tiempo (pasado, presente y futuro), lo cual es fundamental para la interpretación de los procesos cambios que han llevado a su pérdida y degradación.

Los indicadores identificados fueron agrupados bajo cuatro criterios para evaluar la *percepción local de la pobla-*

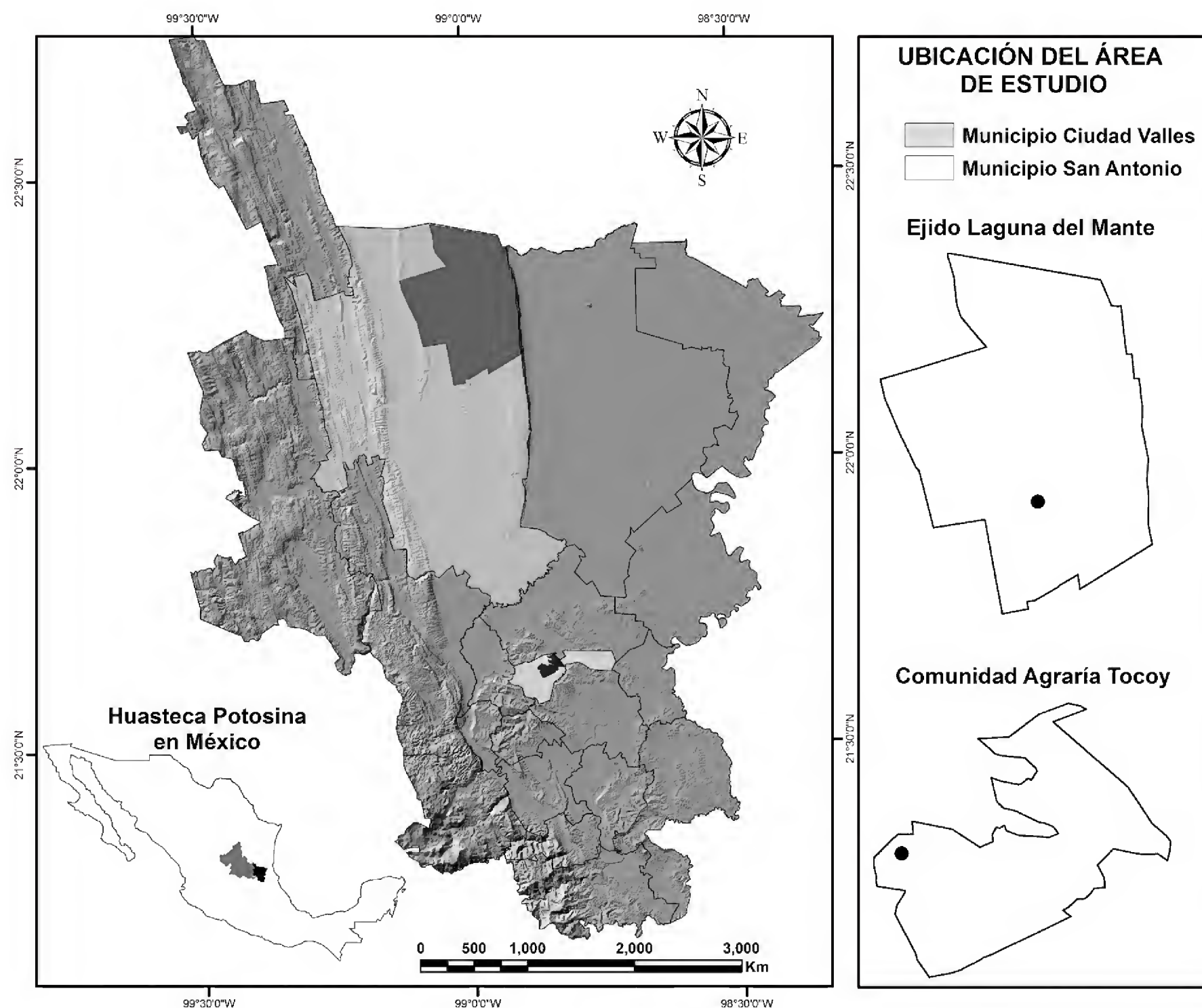


FIGURA 1. Ubicación del ejido Laguna del Mante y la comunidad Agraria Toco en la Huasteca Potosina.

Fuente: Elaboración propia con base en Inegi 2013; 2014a; 2014b.

ción acerca de la degradación ambiental, tal como se han aplicado en otros estudios que han analizado la degradación o sustentabilidad de sistemas productivos y sus cambios a través del tiempo (Cruz, 2009; Guevara-Hernández *et al.*, 2009; Guevara-Hernández *et al.*, 2013). Estos indicadores fueron contruidos y modificados según la percepción de las personas de las comunidades (Tabla 1).

Las respuestas obtenidas de las entrevistas se codificaron con base en valores cualitativos con la finalidad de que los productores puedan valorar por si mismos cada indicador y obtener una agrupación de respuestas para el análisis. Esas codificaciones además de ser valorados cualitativamente, también fueron expresadas en valores cuan-

titativos para poder hacer un análisis comparativo entre las percepciones del pasado, en el presente y del futuro sobre la pérdida de los recursos forestales en las comunidades. La escala de valores cuantitativa tiene un intervalo que va de uno hasta cinco, en donde el valor más bajo (1) se refiere a valores cualitativos que indican percepciones de ausencia “nada, muy malo, nada importante” respecto a algún indicador, mientras que el valor más alto (5) se refiere a la valoración cualitativa de lo mejor “excelente, totalmente, fundamental” y se le asignaron los valores cuantitativos más altos (Tabla 2).

Toda la información obtenida fue sistematizada para su análisis respectivo. La evaluación se la realizó mediante la

TABLA 1. Criterios e indicadores utilizados en la autoevaluación de la percepción local de la población sobre la pérdida de recursos forestales en el pasado, presente y futuro.

Criterio	Indicador
Ambiental	Superficie de selvas (monte)
	Cantidad de árboles
	Consecuencias de la degradación forestal o deforestación
	Cantidad de personas
	Superficie agrícola
	Superficie ganadera
	Actividades relacionadas a la disminución de selvas
	Pérdida de recursos forestales
	Deforestación
	Estado de degradación de selvas
Productivo	Manejo de selvas o bosques
	Conocimiento técnico de manejo de selvas
	Producción de madera
	Producción de otros recursos además de la madera
Económico	Diversidad de especies forestales
	Beneficios económicos obtenidos por aprovechar selvas
	Beneficios económicos obtenidos por recuperar selvas
Social	Inversión económica para recuperar selvas
	Nivel de importancia de la actividad forestal
	Actividades conjuntas de manejo forestal
	Selvas como un medio económico y fuente de empleo

interpretación de gráficos contruidos según los valores de los indicadores y/o percepciones. Asimismo, cuando fue necesario, se realizó la interpretación etnográfica de las opiniones de los participantes, importante en la complementación del análisis histórico (Erol y Ferrell, 2003; Cruz, 2009; Guevara-Hernández *et al.*, 2009).

Tamaño de la muestra y aplicación de las entrevistas

Se aplicó un muestreo aleatorio estratificado, cuyo tamaño de muestra fue de 73 personas a entrevistar, y el cálculo matemático de este tamaño de muestra se presenta en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} =$$
$$n = \frac{3091 * 1.44^2 * 0.9 * 0.1}{0.05^2 (3091 - 1) + 1.44^2 * 0.9 * 0.1} = 73$$

Donde *N* es el total de la población de las dos comunidades (3091 habitantes); *Zα²* es igual a 1.44² (con una seguridad de 85%); *p* es la proporción esperada de éxito (en este caso 90% = 0.90); *q* es la proporción esperada de fracaso 1 – *p* (en este caso 1-0.9 = 0.1=10%) y *d* es la precisión (en este caso de 5%). El número de entrevistas realizadas fue distribuido en primera instancia de manera estratificada y proporcional, de acuerdo con el número de habitantes por comunidad, y posteriormente se la distribuyó de forma desproporcional (Tinoco y Sáenz-Campos, 1999; Robledo, 2005; Torres y Paz, 2011), dada la importancia de los actores sociales en la investigación (habitantes del ejido Laguna del Mante y la comunidad Tocoey), quienes poseen grandes extensiones de selvas. Una vez distribuida la muestra, entre los seleccionados se entrevistó a quienes tienen un mayor conocimiento de sus recursos forestales en sus comunidades (actores clave), los mismos que apuntaron hacia otros informantes que conocen a detalle la temática. De esta manera, se realizaron 52 entrevistas a personas de la comunidad Tocoey y 21 entrevistas a las personas del ejido Laguna del Mante.

La investigación de campo y aplicación de entrevistas se llevó a cabo entre el mes de febrero y mayo del 2014 (fechas acordadas con los dirigentes y personas de las comunidades), con visitas a las casas de los informantes clave y también posterior a los talleres participativos de percepción. Estas fueron aplicadas individualmente a las personas de las comunidades para complementar, triangular y corroborar la información obtenida en los talleres, esto además permitió conocer su perspectiva auto-evaluativa de la pérdida y degradación forestal.

TABLA 2. Escala de valores utilizados para la codificación de respuestas obtenidas para diferentes indicadores en las entrevistas semi-estructuradas.

Valor	P-P|F	P-P|F	P-P|F	P-P|	F
1	Nada	Muy malo (a)	Nada importante	Nada	Nada
2	Poco (a)	Malo (a)	Poco importante	Poco (as)	Poco (a)
3	Más o menos	Regular	Importante	Más o menos	Más o menos
4	Muy/Mucho (a)	Bueno (a)	Muy importante	Mucho (a)/Muy	Mucho (a)
5	Totalmente	Excelente	Fundamental	Totalmente	Totalmente

Nota: pasado (P), presente (P|), futuro (F).

Mapeo participativo de percepción y análisis de cambio de cobertura y uso de suelo

El mapeo participativo de percepción y la evaluación del cambio de cobertura y uso de suelo en las comunidades se lo realizó en el mismo periodo de la aplicación de las entrevistas.

En total se realizaron tres talleres participativos por comunidad con la presencia de los actores locales. El primero fue de inducción sobre la problemática, sensibilización y compromisos entre investigadores y los actores locales. En el segundo taller (Apéndices 1 y 2) se consultó a las personas de la comunidad sobre el estado de sus recursos forestales en el pasado, presente y futuro y se construyeron los mapas participativos de percepción. En el último taller se presentaron y validaron los mapas finales con las comunidades (Fig. 2).

En el taller dos en donde se realizó el mapeo participativo de percepciones, se identificaron factores, causas, efectos y tendencias que afectaron y causaron el agotamiento o disminución de los recursos forestales en sus comunidades para complementar, triangular y corroborar la información obtenida en las entrevistas (Maceratesi, 2007; Cruz, 2009). Asimismo, se realizaron recorridos de campo con las personas de la comunidad, para observar y comentar detalles físicos del paisaje e identificar los indicadores de degradación o de manejo de la cobertura forestal, así como áreas conservadas o degradadas.

Asimismo, se mapearon según las percepciones, las coberturas y usos de suelo, utilizando como base las imá-

genes de satélite *Landsat* (de 2014), *Spot 5* (de 2013) y ortofotos (de 2010), mismas que se utilizaron con el objetivo de distinguir áreas de uso forestal (selvas y vegetación secundaria), áreas de uso ganadero (pastizales) y áreas de uso agrícola (tipos de agricultura), asentamientos (actuales y del pasado), caminos, trillas o senderos, cuerpos de agua y otros componentes socioeconómicos.

Se realizaron tres mapas participativos de percepción de acuerdo con los tiempos a evaluar: el *mapa del pasado* en el cual se efectuó un ejercicio de memoria y se reconoció el territorio que las comunidades estudiadas haciendo un repaso histórico de cómo era la comunidad entre los años 1970 y 1980. El *mapa del presente* donde se trató de reflejar la situación actual del espacio de las comunidades, para hacer una comparación con el mapa del pasado y visualizar los cambios ocurridos hasta el año 2014. Por último, el *mapa del futuro* tuvo como objetivo representar lo que las comunidades querían cambiar, e inclusive como creen las personas que estarán sus comunidades hasta el año 2030. La información obtenida, se digitalizó en ArcGis 10.0 tomando en cuenta todas las zonificaciones realizadas en el mapeo participativo para los tres tiempos en ambas comunidades, información base que sirvió para el análisis de cobertura y uso de suelo mediante imágenes de satélite. Complementariamente, se realizó el mapeo de la cobertura y uso de suelo mediante una clasificación orientada a objetos desarrollada en el software eCognition Developer 8.7, con base en una segmentación de imágenes de



FIGURA 2. Etapas del proceso de mapeos participativos de percepción y evaluación del cambio de cobertura y uso de suelo en las comunidades evaluadas.

satélite *Landsat* MSS (1973), TM (2000) y OLI (2014) según criterios de heterogeneidad (*scale*) y descriptores (*features*) (Cruz *et al.*, 2007; Weckmüller *et al.*, 2013). Para la jerarquización de la clasificación, que tiene como resultado diferentes niveles de clases relacionadas entre sí, en función de una topología definida, se utilizó el algoritmo *multiresolution segmentation*, con parámetros de escala de 8, criterios de forma 0.2 y 0.8 de compacidad para imágenes *Landsat* MSS; y parámetros de escala de 10, criterios de forma de 0.2 y compacidad de 0.8 para imágenes *Landsat* TM y *Landsat* OLI. La definición de las clases temáticas y selección de muestras que representaron cada una de las clases, se basó en el conocimiento previo del área de estudio (puntos de reconocimiento en campo), la composición colorida utilizada y las referencias tomadas de las personas de las comunidades mediante los mapas participativos de percepción. En la clasificación se dio énfasis exclusivamente al modelaje *fuzzy* sobre descriptores espectrales apoyados en la selección de áreas de entrenamiento (muestras). El análisis *fuzzy* proporciona un grado de participación (pertinencia) de un objeto para todas las clases definidas, cuyos valores pueden ser insertados en nuevos contextos de cla-

sificación (Cruz *et al.*, 2007). De esta manera fue realizada una clasificación supervisada orientada a objetos con verificaciones de campo.

Después de la clasificación se obtuvieron mapas parciales de cobertura y uso del suelo, los cuales fueron llevados al *software* ArgGis 10.0 donde se aplicó un *eliminate* (4 hectáreas) para reconocer una escala de análisis en la cartografía de 1:50 000, de acuerdo con el concepto de área mínima mapeable (Salitchev, 1979). Asimismo, se realizó una edición manual con verificación de las imágenes analizadas con el objetivo de corregir algunas inconsistencias. Después de la generación de los mapas finales de cobertura y uso de suelo, se realizó una sobreposición de datos a través de la herramienta *Intersect* la cual permitió evaluar las trayectorias de cambios en la cobertura y uso de suelo para ambas comunidades. Todas las combinaciones de clases detectadas fueron calculadas y mapeadas.

Para describir la dinámica de los cambios de las coberturas se calcularon las tasas de cambios de acuerdo con la ecuación 1 establecida por la FAO (1996). Esta tasa expresa el porcentaje de cambio en la superficie al inicio de cada año. Los resultados describen las transiciones de todas las coberturas y usos de suelo.

$$\delta_n = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{1/n} - 1$$

(1)

Donde δ es la tasa de cambio (para expresar en porcentaje hay que multiplicar por 100); S_1 es la superficie del tiempo 1; S_2 es la superficie del tiempo 2; y n es el número de años entre las dos fechas.

Por otro lado, en el análisis del CCUS se calcularon las ganancias y pérdidas brutas de las coberturas con el fin de obtener los cambios totales que sufrieron cada una (Pontius *et al.*, 2004). Para ello, se construyó una matriz de tabulación cruzada o matriz de cambios que resulta de cruzar los mapas de las fechas en cuestión (tiempo 1 y tiempo 2). En dicha matriz las filas representan las categorías del mapa en el tiempo 1 y las columnas las categorías del mapa en el tiempo 2 (Tabla 3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Percepción local de la población, mapeo participativo y cambio de cobertura y uso de suelo en el ejido Laguna del Mante

De acuerdo con la figura 3, se observa que existen diferencias en las percepciones del *criterio ambiental* por parte de la población referente al pasado, presente y futuro, las cuales son la *superficie de selvas*, la *abundan-*

cia de árboles, la *cantidad de personas*, la *superficie agrícola y ganadera*. Valores por encima de 4 para estas percepciones, es decir, valoración entre “mucho a totalmente” (Tabla 2), estos valores indican que en el pasado existió una mayor cantidad de selvas y abundancia de árboles grandes, con respecto a la actualidad. Asimismo, la cantidad de personas que vivían y formaban parte del ejido era mucho menor. Cabe destacar que el ejido Laguna del Mante fue establecido como tal en el año 1974 y que la repartición de tierras fue distribuyéndose paulatinamente, actualmente cuenta con 2030 habitantes de los cuales 446 son ejidatarios y la gran mayoría son arrendatarios (Inegi, 2010).

Por otro lado, la percepción sobre la *superficie agrícola* del pasado indican que esta era mucho menor que en el presente. En el pasado la actividad principal fue la ganadería, la cual disminuyó drásticamente hasta el día de hoy y dio paso a la agricultura (Fig. 3). De acuerdo con la evaluación de cambios de uso de suelo entre 1976 y 2011 (Peralta-Rivero *et al.*, 2014a), el análisis indicó que en este lapso de tiempo la agricultura aumentó de 27 ha a 7355 ha. Los pastizales se redujeron de 6500 ha a 3255 ha y las selvas de 25 200 ha a 23 700 ha. En el presente trabajo se pudo constatar esa tendencia a una escala de análisis más detallada (Figs. 4 y 5) (Tablas 3 y 4), en

TABLA 3. Matriz de tabulación cruzada para dos mapas de diferentes fechas.

Tiempo 2								
Tiempo 1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Clase 1 Clase 2 Clase n					Total T_1	Pérdidas (L_{ij})	Tasa de cambio anual
2	Clase 1	P_{11}	P_{12}	.....	P_{1n}	P_{1+}	$P_{1+} - P_{11}$	%
3	Clase 2	P_{21}	P_{22}	.....	P_{2n}	P_{2+}	$P_{2+} - P_{22}$	%
4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	%
5	Clase n	P_{n1}	P_{n2}	.....	P_{nn}	P_{n+}	$P_{n+} - P_{nn}$	%
6	Total T_2	P_{+1}	P_{+2}	.....	P_{+n}	P		
7	Ganancias (G_{ij})	$P_{+1} - P_{11}$	$P_{+2} - P_{22}$	.....	$P_{+n} - P_{nn}$			

Fuente: basado en FAO (1996) y Pontius *et al.* (2004).

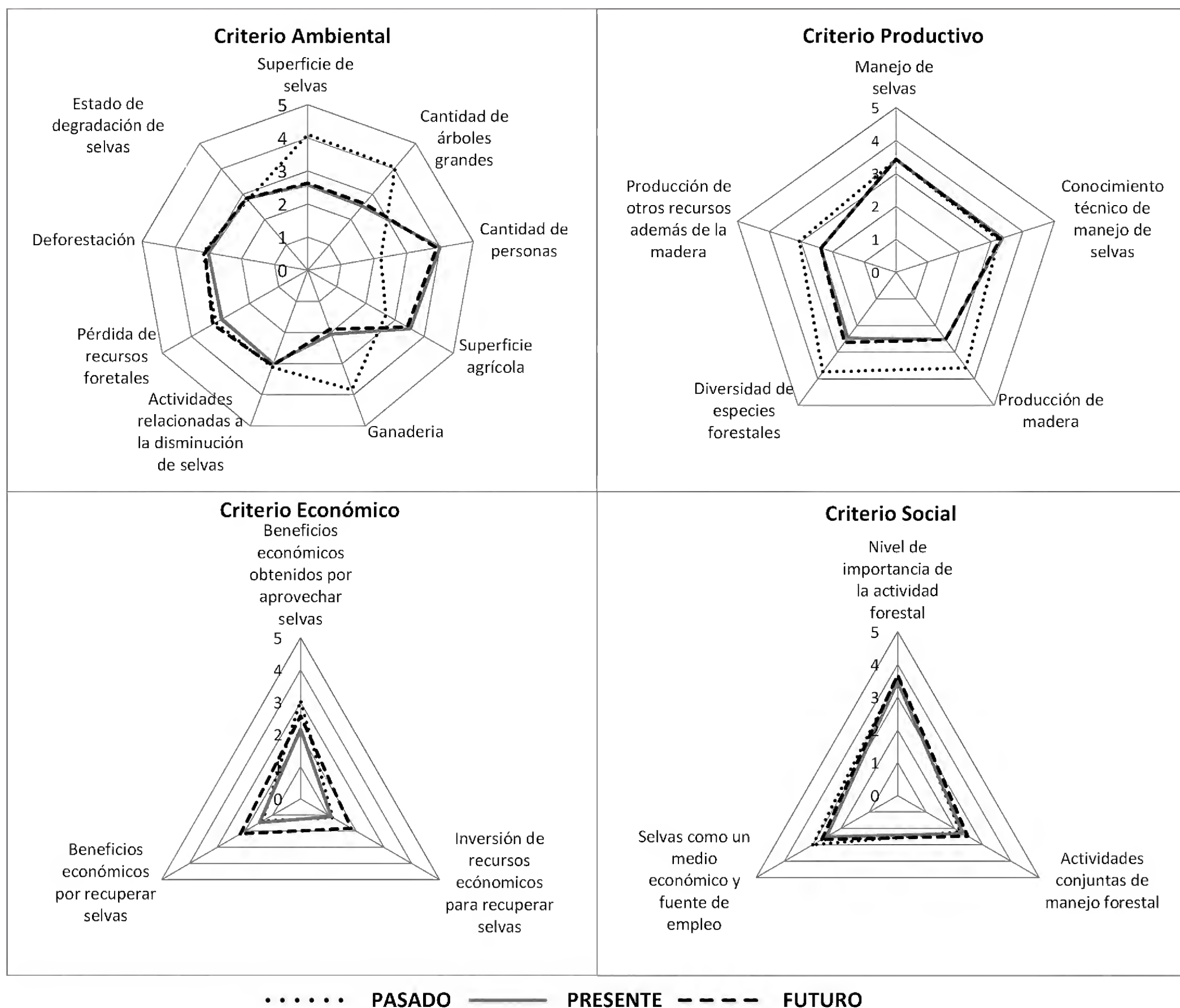


FIGURA 3. Representación de las percepciones del criterio ambiental, productivo, económico y social del pasado, presente y futuro en el ejido Laguna del Mante.

donde mencionados cambios ocurrieron sobre todos en las áreas con pendientes mínimas y elevaciones bajas.

Otras percepciones, indican que la *cantidad de personas* se incrementará en el futuro; asimismo, la *ganadería disminuirá*, pero la agricultura aumentará y persiste la percepción de impacto sobre los recursos forestales en mayor o igual proporción que en el presente. De esta manera, se puede inducir que en Laguna del Mante el pro-

ceso actual de sus modos de vida no tiene una tendencia de cambios relevantes para el futuro excepto para la valoración de *superficie de selvas* las cuales creen que serán ligeramente mayores en el futuro, pero que los procesos que causan su pérdida también serán factores importantes a considerar para lograr la conservación de sus áreas forestales. No obstante cabe destacar que en Laguna del Mante ya existe un área de conservación (14 000 hectá-

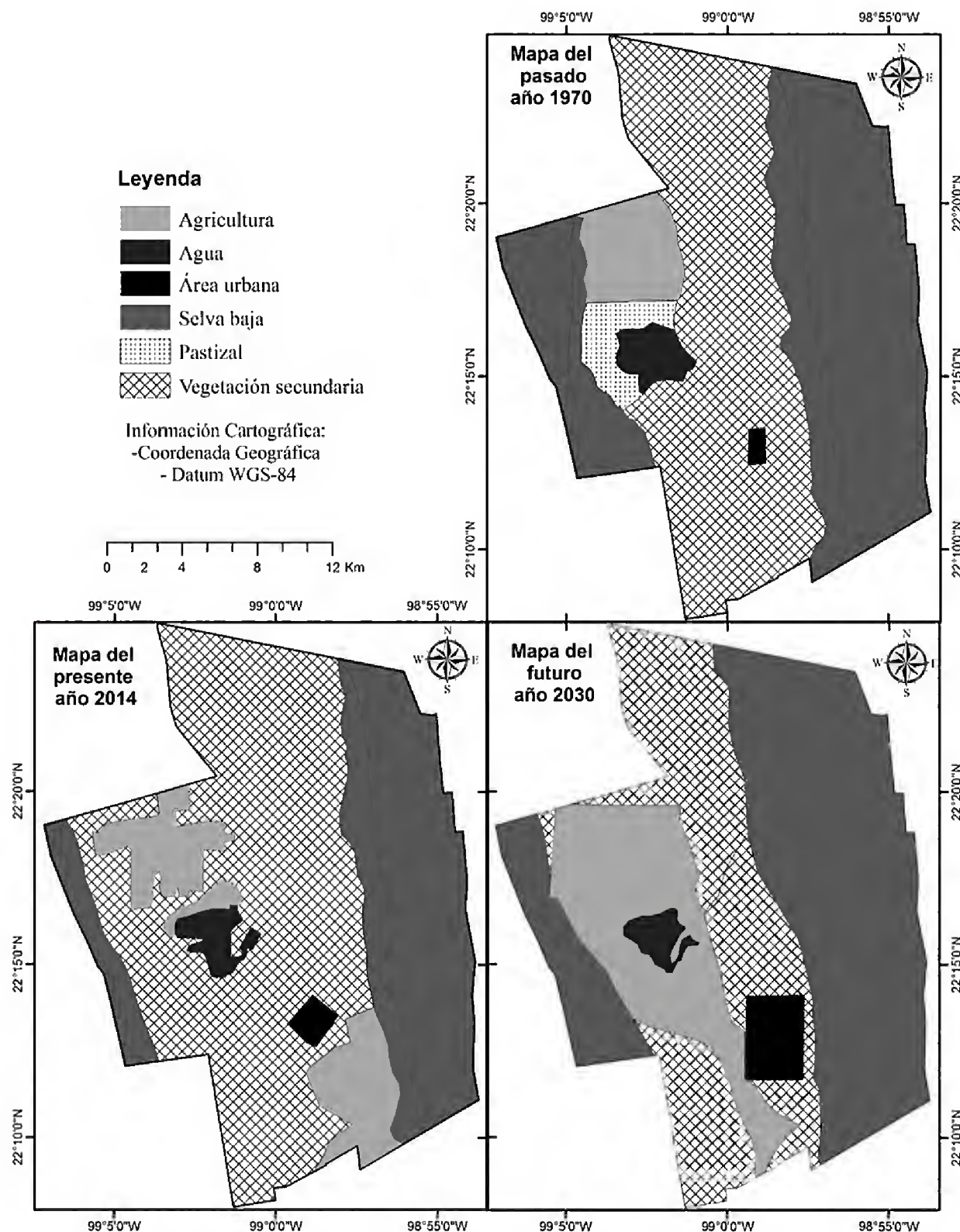


FIGURA 4. Representación de la percepción local sobre la cobertura y uso de suelo según mapeo participativo en el ejido Laguna del Mante.

reas) como parte de la Reserva de Biosfera “Sierra del Abra Tanchipa” (González, 2013), la cual se encuentra en áreas con pendientes pronunciadas y elevaciones altas en la parte Oeste del ejido (Fig. 6).

Todas las percepciones de este indicador ambiental se relacionan con el mapeo participativo de percepción y el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo (Fig. 4 y Fig. 5) (Tablas 4 y 5) en donde se puede apreciar la disminución de selvas, pastizales y el aumento de la agricultura y vegetación secundaria, afirmando de esta manera que el análisis de percepción está estrechamente relacionado a las percepciones de la población.

Respecto a las percepciones del *criterio productivo*, existen diferencias claras entre los tiempos evaluados. De acuerdo con la figura 3, las percepciones del pasado que se diferencian del presente y del futuro son: *diversidad de especies forestales, producción de madera, y la producción de otros recursos además de la madera*. Los valores asignados para estas percepciones van de 3 a 4 “más o menos a bueno” (Tabla 2). Esta diferencia es debida a la reducción de la cobertura forestal, tal como se indicó en el criterio ambiental y se puede constatar con los mapas participativos de percepción y el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo (Figs. 4 y 5). Por otro lado, excepto por

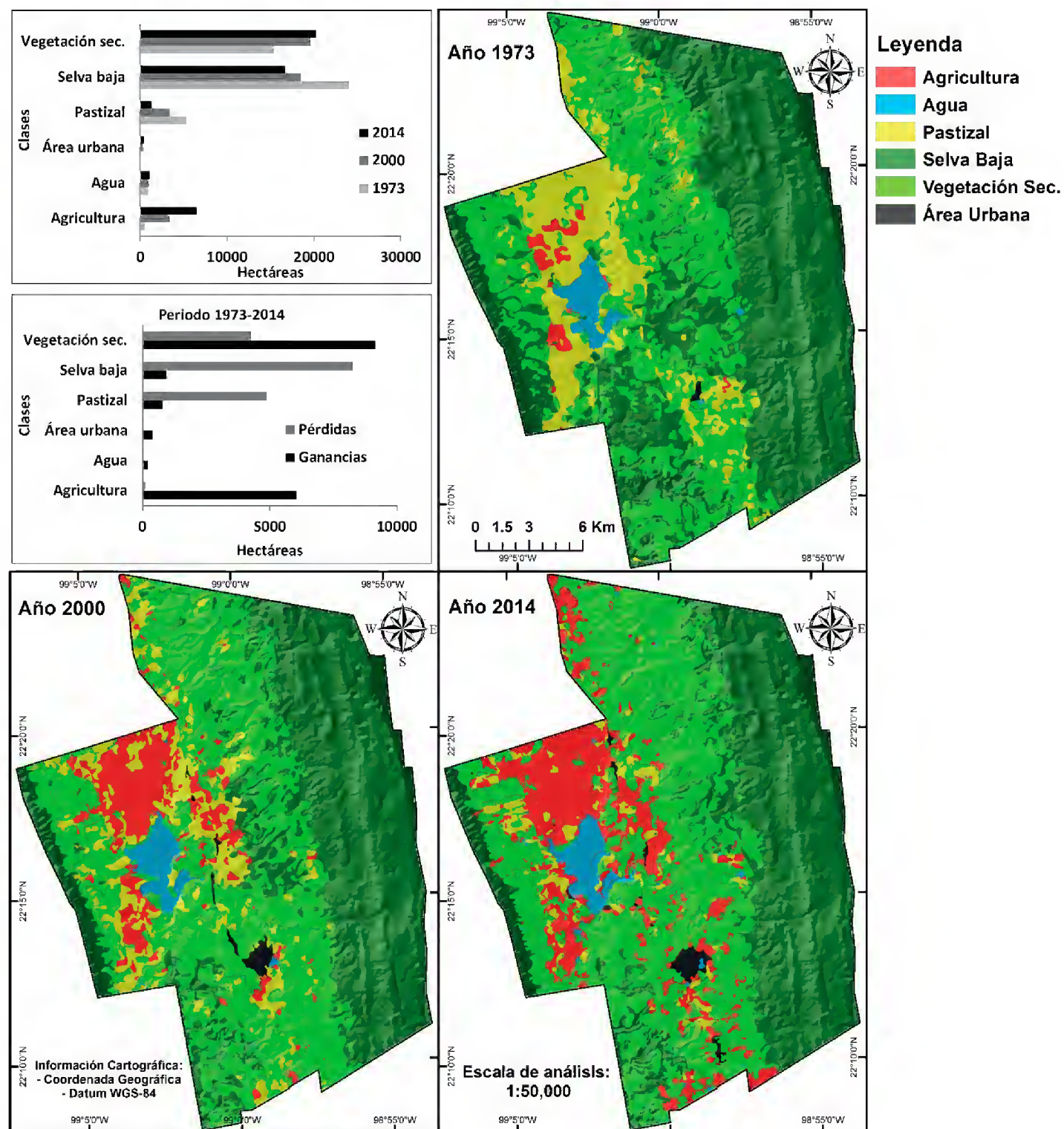


FIGURA 5. Mapas de la cobertura forestal y uso de suelo de ejido Laguna del Mante de los años 1973, 2000 y 2014.

Tabla 4. Cobertura y uso de suelo en el ejido Laguna del Mante de los años 1973, 2000 y 2014.

Laguna de Mante						
	1973	2000	2014	1973	2000	2014
Clase	ha	ha	ha	%	%	%
Agricultura	532.04	3377.37	6493.77	1.15	7.31	14.05
Agua	898.32	990.45	1077.41	1.94	2.14	2.33
Área urbana	43.20	335.16	413.71	0.09	0.73	0.90
Pastizal	5358.70	3408.77	1283.62	11.59	7.38	2.78
Selva baja	24 040.40	18 480.40	16 733.31	52.02	38.83	36.21
Vegetación secundaria	15 345.47	19 631.74	20 216.30	33.20	43.62	43.74
Total	46 218.13	46 218.13	46 218.13	100	100	100

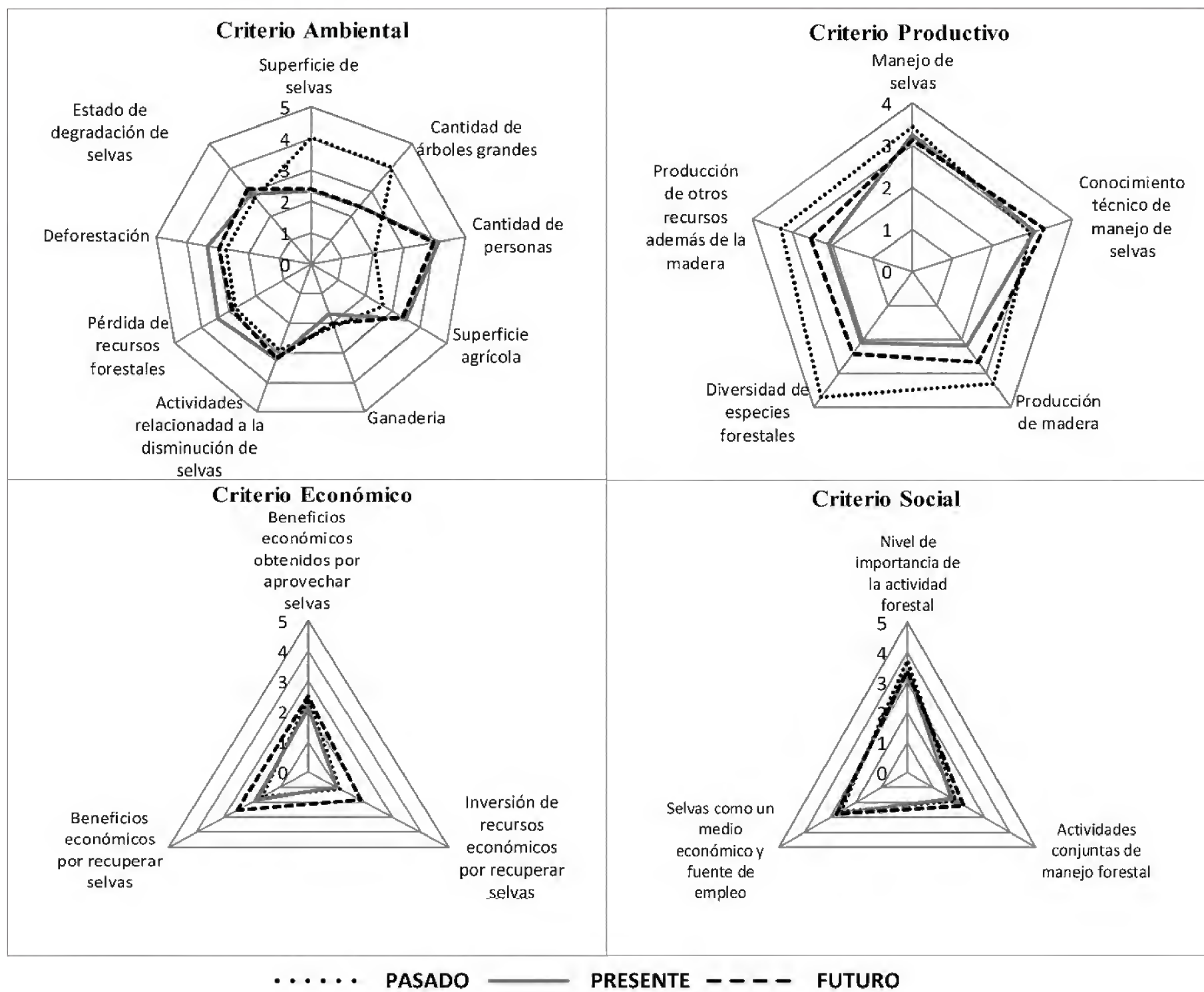


FIGURA 6. Representación de las percepciones del criterio ambiental, productivo, económico y social del pasado, presente y futuro en la comunidad Toco.

la “*diversidad de especies forestales*”, las demás percepciones se mantienen con una valoración homogénea, esto sugiere que para el futuro *el manejo de selvas y bosques* así como los *conocimientos técnicos* de las personas sobre el manejo forestal tendrán una valoración entre 3 y 4, es decir, de “más o menos a buenos” (Tabla 2).

En cuanto a las percepciones del *criterio económico*, también existen diferencias entre los tiempos evaluados. De acuerdo con la figura 3, la única percepción del pasado que se diferencia del presente y futuro son los “*beneficios económicos obtenidos*”. Esta percepción está relacionada con el aprovechamiento e ingresos económicos derivado

de la actividad forestal en el ejido. Según la autoevaluación de las entrevistas y de los talleres participativos, estos revelaron haber obtenido mejores beneficios en el pasado, ya que actualmente (presente) consideran difícil obtener ingresos lo cual se percibe con valoración de 2 “mala” (Tabla 2). Para el futuro, existe expectativa por mejorar los ingresos económicos con base a los recursos forestales, lo que se ratifica en el incremento de la valoración de esta percepción la cual fue entre 2 y 3 “mala a más o menos” (Tabla 2; Fig. 3). Por otro lado, las percepciones del pasado y presente que cambian en torno al futuro son la *inversión de recursos económicos para*

TABLA 5. Matriz de tabulación cruzada de cambios de coberturas y uso de suelo entre 1973 y 2014 (datos expresados en hectáreas) en el ejido Laguna del Mante.

2014									
1973	Agricultura	Agua	Área urbana	Pastizal	Selva baja	Vegetación secundaria	Total 1973 (ha)	Pérdidas (ha)	Tasa de cambio anual (%)
Agricultura	431.92	14.22	0.00	17.46	0.00	68.44	532.04	100.12	6.29
Agua	9.06	866.52	0.63	1.98	0.99	19.14	898.32	31.80	0.44
Área urbana	9.72	0.45	32.76	0.00	0.00	0.27	43.20	10.44	5.67
Pastizal	2779.05	71.82	145.80	490.44	34.47	1,837.11	5358.70	4868.26	-3.43
Selva baja	824.73	51.12	23.22	149.67	15 777.56	7,214.10	24 040.40	8262.84	-0.88
Vegetación secundaria	2439.29	73.28	211.30	624.08	920.28	11 077.24	15 345.47	4268.23	0.67
Total 2014 (ha)	6493.77	1077.41	413.71	1283.62	16 733.31	20 216.30			
Ganancias (ha)	6061.86	210.89	380.95	793.19	955.74	9139.06			

recuperar selvas y los benéficos económicos obtenidos por su recuperación. En este sentido, las expectativas en el ejido son buenas ya que al tener un área bajo conservación, también tienen la percepción que pueden recuperar áreas degradadas, aumentar la cobertura forestal y mejorar sus ingresos mediante proyectos, tal como pudo ser plasmado en el mapeo participativo de percepción, específicamente en el mapa del futuro (Fig. 4).

Por último, las percepciones del *criterio social* difieren muy poco entre los tiempos evaluados. Según la figura 3, la percepción “selvas como un medio económico y fuente de empleo” tuvo una mayor valoración para el tiempo pasado y para el futuro, y actualmente no representa el mejor medio económico relevante ya que está valorado como “poco a más o menos”, es decir con valores de 2 hasta 3 (Tabla 2). Esto se correlaciona con una agricultura en el ejido como principal actividad económica según las conclusiones de las personas participantes de los talleres y la evaluación de cambios de uso de suelo (Peralta-Rivero *et al.*, 2014a). Esto se puede constatar también con el mapeo participativo de percepción y el propio análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo

(Figs. 4 y 5) (Tablas 4 y 5). Por otro lado, las percepciones *nivel de importancia de la actividad forestal y actividades conjuntas de manejo forestal* son valoradas en parecidas circunstancias en el pasado y presente, es decir, con valores de 3 y 4 “más o menos a buena” para la primera, y entre 2 y 3 “poco a más o menos” para la segunda, percepción que cambia levemente para el futuro (Fig. 3).

La figura 4, es una representación gráfica de los mapas participativos de percepción elaborados en el ejido Laguna del Mante donde la población plasmó su conocimiento local en tres momentos: pasado, presente y futuro. En el *mapa del pasado* la población percibe que en los años 1970s en su ejido existía mayor superficie de selvas tanto en el extremo Este como en el Oeste (Sierra). Asimismo, expresaron que existía una cantidad considerable de superficie de pastizales y de agricultura junto a la presa de agua. En el *mapa del presente* (año 2014) la población percibió y mapeó que la cobertura forestal ha disminuido gradualmente en dirección hacia la sierra al Este y Oeste, siendo reemplazada por vegetación secundaria y sobre todo por las actividades agrícolas tal como se expresa en la figura 3.

En el *mapa del futuro* aproximadamente hasta el año 2030, los pobladores creen que habrá un aumento considerable de la agricultura en la parte centro del ejido (pendiente suave y elevación baja), argumentando que es en esa área donde existen las condiciones adecuadas para desarrollar actividades agrícolas y porque esta será la actividad principal. Asimismo, consideraron que habrá un aumento de la cobertura forestal en los siguientes años, debido a que los proyectos de conservación y posiblemente de reforestación que se están desarrollando en la comunidad, ayudará al incremento de estas áreas. Entre otras percepciones identificadas en el mapeo participativo estuvo el aumento paulatino del área urbana del ejido. Esto indica que en el futuro se espera que Laguna del Mante aumente considerablemente su superficie urbana y nuevos asentamientos se establezcan en el área del ejido, debido al aumento de la población.

De acuerdo con la figura 5, se detectó que grandes áreas de pastizales han sido reemplazadas por áreas agrícolas, asimismo, es notorio el aumento de la vegetación secundaria y disminución de selva baja, tal como se demostró en la percepción local de la población de Laguna de Mante respecto a las percepciones del pasado, presente y futuro del criterio ambiental (Figs. 3 y 4). De igual manera, en la matriz de tabulación cruzada (Tabla 5) se puede corroborar que la pérdida o ganancia de coberturas es ascendente para el caso agricultura, agua, área urbana y vegetación secundaria que aumentaron su superficies. Por otro lado, presentan tasa de pérdidas las coberturas pastizal (-3.43% anual) y selva baja (-0.88% anual). De esta manera se puede inferir de que al igual como ha ocurrido en gran parte de la región Huasteca de México, la modernización e industrialización de la agricultura, incremento de la ganadería, demanda de madera y sus derivados para el mercado, son algunas de las principales razones para el aumento considerable de estas coberturas antrópicas y pérdida de coberturas forestales (Aguilar-Robledo, 2001; Quinteros, 2012; Peralta-Rivero *et al.*, 2014a).

Percepción local de la población, mapeo participativo y cambio de cobertura y uso de suelo en la comunidad Toco y

De acuerdo con la figura 6, existen diferencias en las percepciones del *criterio ambiental* por parte de la población de Toco y referente al pasado, el presente y el futuro. Las percepciones del pasado en su mayoría difieren a las del presente. Valores de 4 para la “*superficie de selvas, y abundancia de árboles grandes*” (Tabla 2), indican que en el pasado la comunidad contaba con muchos recursos forestales “selvas” y abundantes árboles grandes que indicaban el buen estado de conservación forestal en la comunidad. Asimismo, la *superficie agrícola y la cantidad de personas* que vivían en esta comunidad era entre “poca a más o menos” que al presente y proyecciones a futuro tuvo una valoración de 4 “mucho” según la autoevaluación. Sin embargo, cabe destacar que entre los años 1995 y el 2010, la cantidad de personas en la comunidad Toco y no ha tenido aumento significativo de su población, es decir, en este periodo la población pasó de 1048 a 1061 habitantes (Conabio, 2001; 2006; 2012). En cuanto a la superficie agrícola, se pudo constatar que aumento de 77 ha a 111 ha entre 1973 y 2014, algo muy característico de una agricultura de rotación como la que se práctica en la comunidad Toco y (Fig. 6; Tabla 6).

TABLA 6. Cobertura y uso de suelo en la comunidad Toco y años 1973, 2000 y 2014.

Clase	Toco y					
	1973	2000	2014	1973	2000	2014
	ha	ha	ha	%	%	%
Agricultura	77.07	113.94	111.29	7.28	10.76	10.51
Área urbana	0.00	28.71	83.46	0.00	2.71	7.88
Pastizal	0.00	2.32	4.28	0.00	0.22	0.40
Selva baja	459.49	88.06	55.22	43.40	8.32	5.22
Vegetación secundaria	522.07	825.61	804.39	49.32	77.99	75.98
Total	1058.63	1058.63	1058.63	100	100	100



Las percepciones de *deforestación y pérdida de los recursos forestales* para el tiempo presente tienen una valoración de “más o menos a mucho” e indica que este proceso se ha acelerado en relación al pasado, tal como se concluyó en los talleres participativos y la autoevaluación. Asimismo, se pudo constatar que la cobertura forestal en la comunidad disminuyó de 483 ha a 272 ha (Peralta-Rivero *et al.*, 2014a; 2014b), patrón muy similar a lo expresado en el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo aquí abordado (Fig. 6; Tabla 6). De la misma forma, se tiene la percepción de que para el futuro estos procesos de reemplazo en los remanentes forestales continuará pero en menor intensidad. También, se puede apreciar que la percepción de que las *actividades productivas disminuyen las selvas* mantienen una valoración de 3 “más o menos” para el pasado y presente, y las tendencias para el futuro es de un leve aumento. Por otro lado, se puede apreciar que la actividad ganadera no ha sido y, en perspectivas futuras, no será un factor que afecte en la disminución del recurso forestal ya que esta comunidad no tiene la tradición pecuaria y se puede reflejar en la valoración baja entre 1 y 2 “nada a poco” (Tabla 2) para esta percepción. Esto se constata con la evaluación en los CCUS de esta comunidad entre 1973 a 2014 (Fig. 6; Tabla 6).

En relación con las percepciones del *criterio productivo*, la valoración del pasado para *diversidad de especies forestales, producción de madera y de otros recursos además de la madera* son claramente diferentes en relación al presente y futuro. La población atribuye la disminución de los recursos forestales y por ende la *producción de sus derivados*, a los procesos de deforestación y degradación de los recursos forestales evaluados previamente en el *criterio ambiental*. También indican que las percepciones sobre el *manejo de selvas* y el *conocimiento técnico sobre su manejo*, es valorado como 3 “más o menos” (Tabla 2), y según conclusiones de los talleres participativos, el manejo realizado va combinado con las actividades agrícolas de rosa, tumba y quema. Modelo de aprovechamiento que por lo general trata de aprovechar una pequeña superficie para realizar agricultura, cambiando de lugar cada dos o tres años y así dicha área aprovechada pueda recupe-

rarse con los años y posteriormente reincidir en su ocupación, algo característico de la agricultura en los trópicos por parte de pequeños productores (Peralta-Rivero *et al.*, 2013). Referente a las percepciones del *criterio económico*, de acuerdo a la figura 6, tanto en el pasado como en el presente, la percepción de *recursos económicos invertidos para recuperar selvas, beneficios económicos obtenidos exclusivamente por recuperar selvas y beneficios económicos que obtuvo por aprovechar las selvas*, tienen un valor entre “nada a poco”, es decir, entre 1 y 2 (Tabla 2), indicando de esta manera que los recursos forestales en la comunidad han sido y son importantes desde el punto de vista del autoconsumo y no de la comercialización y beneficios económicos, tal y como fue concluido en los talleres participativos y autoevaluación. Entre las conclusiones, ellos mencionaron que los beneficios que obtienen de la selva son madera para construcción de sus casas rústicas, hojas de palmeras para techos, leña, abono orgánico para huertos etc. Sin embargo, para el futuro todas estas percepciones son valoradas con 3 “más o menos”, atribución que fue dada ante posibles proyectos relacionados con el manejo forestal a los cuales podrían acceder y beneficiarse en los próximos años. Finalmente, las percepciones del *criterio social*, difieren levemente entre los tiempos analizados. Sin embargo, según la figura 4, la percepción “*nivel de importancia de la actividad forestal*” tuvo una mayor valoración para el pasado (4), y actualmente tiene una valoración de “más o menos” (3) (Tabla 2). La percepción “*selvas y bosques como un medio económico y fuente de empleo*” no presenta grandes diferencias y se mantiene con valores parecidos (2 “poco”) para los diferentes tiempos evaluados. Llevando este caso a escala nacional, se conoce que la conversión de ecosistemas naturales a tierras para actividades agrícolas y pecuarias, es el factor principal de la deforestación y del cambio de uso del suelo en el país (OCDE, 2013). Esto lleva a entender que en México y sobre todo en el área rural y a escala local como es el presente caso de estudio, la agricultura y ganadería continúan siendo factores muy importantes que influyen socialmente en la población, lo cual relega a las selvas a otro nivel de importancia.

En cuanto a las “*actividades conjuntas de manejo forestal*”, estas son valoradas en circunstancias similares tanto para el pasado como para el presente, es decir, entre “*más o menos a buena*”. Sin embargo, la percepción cambia para el futuro debido a una mejora en su valoración, al igual que en la conclusión de los talleres participativos “las selvas son importantes ya que de ella también depende la productividad de la agricultura y otros beneficios, por lo que es importante realizar actividades conjuntas en la comunidad”, actualmente está prohibido desmontar sin permiso de la comunidad (Com. Pers. Abundio Anaya, Presidente del comisariado de Toco, año 2014). Visto desde ese contexto, habrá que hacer una revisión de las políticas actuales en favor de las selvas como un medio estratégico de sustento para las comunidades, ya que

desde un punto de vista general, los recursos forestales son subvalorados debido al factor económico de otras actividades que se imponen.

De acuerdo con la figura 7, en el mapa del pasado (años 1970s) los pobladores expresaron que en la comunidad no existía un área urbana como tal. Las viviendas estaban distribuidas en toda la comunidad y por ende la superficie agrícola estaba ubicada alrededor de las pequeñas viviendas. Los mapas participativos de percepción también indican que en el pasado existía bastante selva, tal como se puede confirmar en el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo (Fig. 8). El mapa de percepción del presente (año 2014) indica que la cobertura forestal está fragmentada en pequeños remanentes que están ubicados principalmente en las partes más altas de la comu-

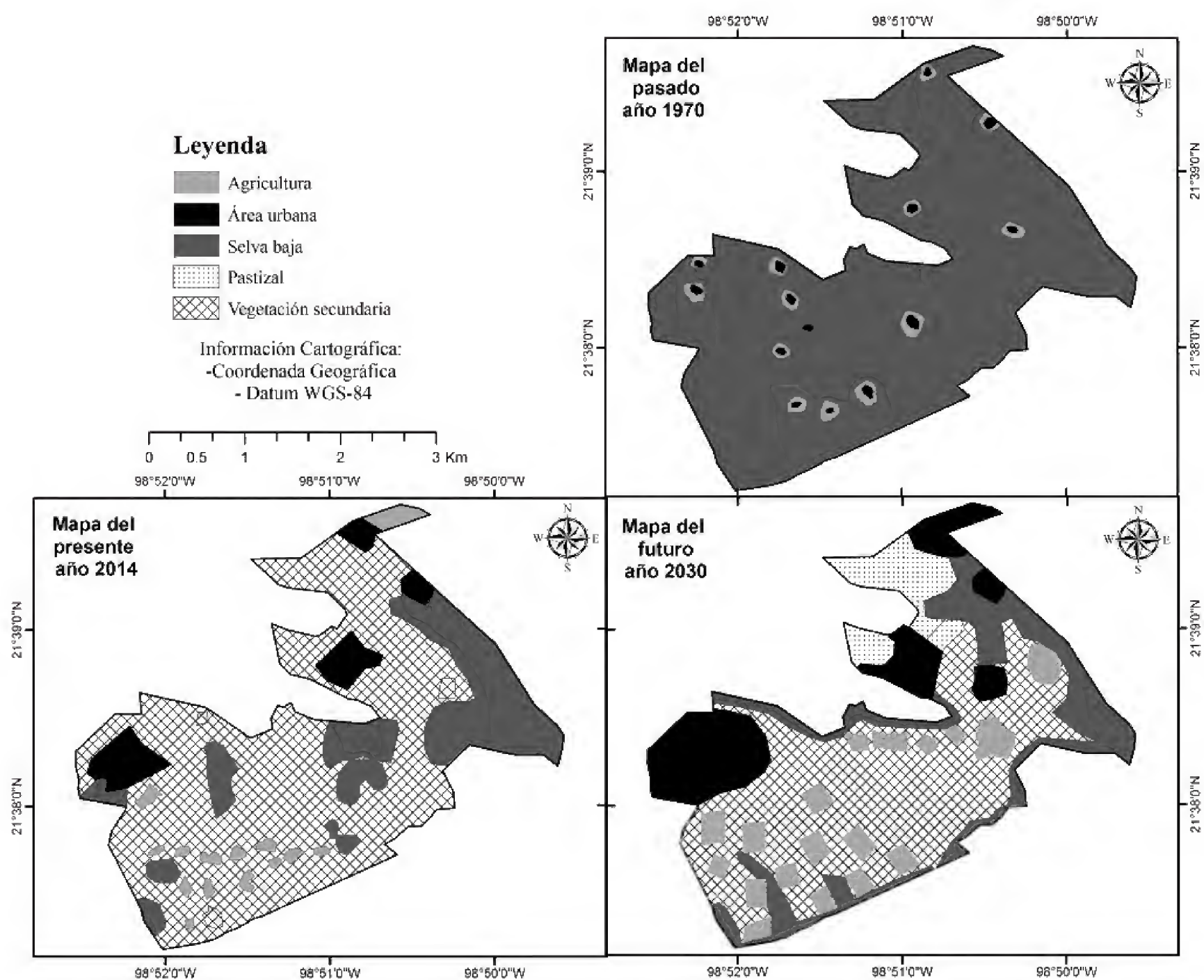


FIGURA 7. Representación de la percepción local sobre la cobertura y uso de suelo según mapeo participativo en la comunidad Toco.

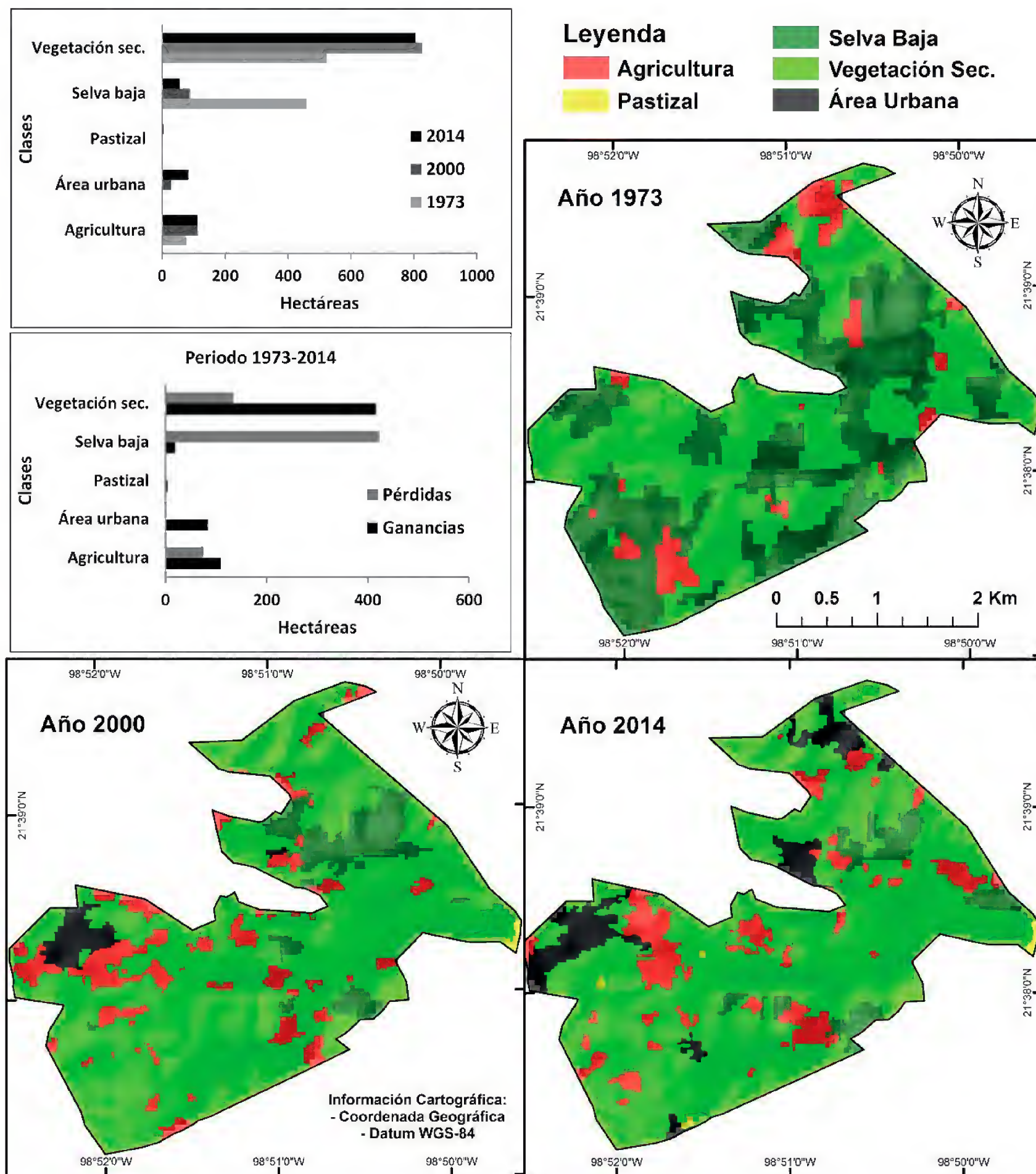


FIGURA 8. Mapas de la cobertura forestal y uso de suelo de la comunidad Toco de los años 1973, 2000 y 2014.

nidad. Por último, en el mapa de percepción del futuro (año 2030), los pobladores expresaron que en la comunidad ocurrirán cambios como por ejemplo el aumento del área urbana, aumento de la agricultura y pasto, mayor comunicación por carreteras entre las localidades de la comunidad y la conservación de pequeños remanentes forestales solo en los bordes de la comunidad.

En la figura 8 se puede identificar claramente que la cobertura selva baja es aquella que disminuyó drásticamente su superficie entre 1973 y 2014, mientras la cobertura vegetación secundaria se mantuvo en condiciones parecidas en el periodo 2000-2014. Por otro lado, la agricultura mantuvo su superficie de manera similar sobre todo en los últimos años, lo cual es característico de

comunidades que practican agricultura rotativa de rosa, tumba y quema (Peralta-Rivero *et al.*, 2013).

Esta cuantificación de la superficie de coberturas y usos de suelo en la comunidad Tocoy está muy relacionada con la evaluación de la percepción del pasado, presente y futuro del criterio ambiental y los mapas participativos de percepción de cobertura y uso de suelo desarrollados por los actores locales (Figs. 6 y 7). Sobre todo se puede interpretar que las percepciones de las personas se sustentan en la pérdida de recursos forestales por las actividades productivas en la comunidad tal como se puede observar en la figura 8.

La disminución de la cobertura selva baja posee una tasa de deforestación de (-5.04% anual) la cual es mayor a la tasa más alta de deforestación registrada para la región Huasteca entre 1976 y 1993, que fue de aproximadamente de 2% anual de su superficie forestal (Peralta-Rivero *et al.*, 2014a; 2014b). Cabe resaltar, que la comunidad es de superficie relativamente pequeña (1058 hectáreas) pero la población ejerce más presión todos los años sobre las coberturas forestales, esto para desarrollar sus actividades productivas de agricultura principalmente (Tabla 7).

Por otro lado, la superficie del área urbana y pastizales se han incrementado sobre todo para el año 2000 y

2014, lo cual se relaciona con lo mencionado por los pobladores de la comunidad, al indicar que se decidió agruparse en centros poblados para poder acceder a beneficios como la construcción de la escuela y salas de enfermería (Com. Pers. Abundio Anaya, Presidente del comisariado de Tocoy, año 2014).

CONCLUSIONES

Se observó que la población evaluada del ejido Laguna del Mante y la comunidad Tocoy, principalmente perciben la pérdida y degradación de sus recursos forestales de acuerdo con su conocimiento local basado fundamentalmente en las experiencias de sus actividades productivas. Asimismo, se pudieron constatar diferencias entre los indicadores evaluados para el pasado, presente y futuro, según las percepciones de la población en ambas comunidades, y las causas que han provocado el proceso de pérdida de recursos forestales y aumento de actividades productivas se reflejan sobre todo en el criterio ambiental y el productivo. Se determinó que para ambas áreas, las principales percepciones que se diferencian entre los tiempos evaluados son disminución de superficie de selvas y su degradación, disminución de la abundancia de árboles, aumento de la superficie agrícola, menor diversidad de

TABLA 7. Matriz de tabulación cruzada de cambios de coberturas y uso de suelo entre 1973 y 2014 (datos expresados en hectáreas) en la comunidad Tocoy.

1973	2014					Total 1973 (ha)	Pérdidas (ha)	Tasa de cambio anual (%)
	Agricultura	Área urbana	Pastizal	Selva baja	Vegetación secundaria			
Agricultura	2.30	9.43	0.00	5.28	60.06	77.07	74.77	0.90
Área urbana	-	-	-	-	-	-	-	-
Pastizal	-	-	-	-	-	-	-	-
Selva baja	35.86	28.89	1.48	36.22	357.04	459.49	423.27	-5.04
Vegetación secundaria	73.13	45.13	2.80	13.72	387.29	522.07	134.78	1.06
Total 2014 (ha)	111.29	83.46	4.28	55.22	804.39			
Ganancias (ha)	108.99	83.46	4.28	19.00	417.10			



especies forestales, menor producción de madera, menor producción de otros recursos forestales además de la madera, mayor superficie agrícola y cantidad de personas. En el ejido Laguna del Mante las percepciones correspondientes al criterio económico y social indican que los recursos forestales eran considerados de mayor importancia en el pasado y generaban mejores beneficios para la población. Asimismo, no se descarta una mejora para el futuro de estos dos aspectos. En contraste, en la comunidad Toco y, los recursos forestales desde el punto de vista económico no han sido un medio que les permita subsanar sus problemas monetarios; sin embargo, estos han jugado un papel importante desde el punto de vista del autoconsumo, y las percepciones revelan la intención de mejorar para el futuro tanto en el aspecto económico como social.

Por otro lado, se constató que el análisis del mapeo de percepción participativo se mostró bastante adecuado para la interpretación de la pérdida de recursos forestales a escala local y fue un complemento importante para desarrollar la autoevaluación individual de percepción ambiental de la población y el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo en ambas comunidades. Dicho análisis de CCUS entre 1973 y 2014 demuestra que Laguna del Mante ha perdido aproximadamente 8262.84 hectáreas de selva y aumentó 6061.86 hectáreas de agricultura, ratificando la veracidad de las percepciones relacionadas al criterio ambiental y productivo. Por su parte, en la comunidad Toco y se perdieron alrededor de 423.27 hectáreas de selva con una tasa de deforestación de 5.04% anual y un aumento de la vegetación secundaria de 417.10 hectáreas para el periodo 1973-2014, revalidando de esta forma las percepciones de la población sobre la pérdida y degradación de los recursos forestales en la comunidad. Finalmente, se puede indicar que la construcción de mapas temáticos de uso de suelo y la trayectoria evolutiva de sus cambios para los años estudiados (1973-2000-2014), utilizando técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica, se mostró adecuada para validar el análisis de percepción local sobre la valoración ambiental, productiva, económica y social de los recursos forestal en el ejido Laguna del Mante y la comunidad Toco y.

RECOMENDACIÓN

La presente metodología de análisis de la percepción local de la población basada en criterios, indicadores, percepciones y apoyadas en mapeo participativo y análisis de CCUS permitió razonar los escenarios del pasado, presente y futuro y el estado de los recursos forestales correlacionados con la dinámica productiva desarrollada en el área de estudio, lo cual debe servir como una herramienta para el desarrollo de estrategias y generación de políticas locales en pro de la conservación y manejo de selvas en la región Huasteca y otras áreas tropicales de México. Por lo que es importante conocer la idiosincrasia de los actores locales para que los proyectos de aprovechamiento y conservación forestal a desarrollar, sobre todo en el ámbito rural, no estén destinados al fracaso en su implementación y ejecución.

RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) de México por la beca otorgada; al Programa Multidisciplinarios de Posgrados en Ciencias Ambientales a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. A la Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y Tecnología (Ciatcyt), al Laboratorio Nacional de Geoprosesamiento de información Fitosanitaria (Langif) en México; a todas las personas y autoridades de la comunidades por su apoyo y hospitalidad; también a Hugo Medina, Javier Galicia, Beatriz Arreola; Ann-Kathrin Volmer y José Luis Rodríguez por su apoyo en el trabajo de campo.

REFERENCIAS

- Aguilar-Robledo, M. 2001. Ganadería, tenencia de la tierra, e impacto ambiental en la Huasteca Potosina: los años de la Colonia. *In*: L. Hernández, ed. Historia ambiental de la ganadería en México. Xalapa: Instituto de Ecología, A.C.-Institut de Recherche pour le Développement. p:9-24.
- Berry, M.W., R.O. Flamm, B.C.Hanzen y R.L. MacIntyre. 1996. The Land-Use Change and Analysis System (LUCAS) for evaluating landscape management decisions. *IEEE Computational Science & Engeneering* 3(1):24-35.

- Cedem. 2009. Perfil municipal de San Antonio. Coordinación Estatal para el Desarrollo Municipal. 12 p.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2001. Grados de marginación a nivel localidad 1995. Catálogo de metadatos geográficos.
- Conabio. 2006. Grados de marginación a nivel localidad 2000. Catálogo de metadatos geográficos.
- Conabio. 2012. Grados de marginación a nivel localidad 2010. Catálogo de metadatos geográficos.
- Cruz, G. 2009. Percepción de la degradación de potreros por productores de dos comunidades aledañas a áreas naturales protegidas del estado de Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de ciencias agronómicas. Villa flores, Chiapas.139 p.
- Cruz, C., R. Vicens, V. Seabra, R. Balbi, O. Alvarenga, M. Richter, P. Kopke, E. Arnaut y M. Araújo. 2007. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescientes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil. 21-26 abril 2007. INPE p:5691-5698.
- Erol, I. y W.G. Ferrell Jr. 2003. A methodology for selection problems with multiple, conflicting objectives and both qualitative and quantitative criteria. *International Journal of Production Economics* 86(3):187-199.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Roma. Número 130. 152 p.
- Guevara-Hernández, F., L.A. Rodríguez-Larramendi, H. Gómez-Castro, M. La O-Arias, R. Pinto-Ruiz, B. Lopez-Castro y J. Nahed-Toral. 2013. Perceptions on Sustainable Livestock Training in the Biosphere Reserve La Sepultura, Chiapas, Mexico. *Journal of Human Ecology* 42(2):113-122.
- Guevara-Hernández, F., N.M. McCune, L.A. Rodríguez-Larramendi y G.E. Newell. 2011. Who's Who? Power mapping, decision making and development concerns in an indigenous community of Oaxaca, Mexico. *Journal of Human Ecology* 36(2):131-144.
- Guevara-Hernández, F., J. Ovando-Cruz, N.M. McCune, R. Pinto-Ruiz, F.J. Medina-Jonapá y H. Gómez-Castro. 2010. Participatory power mapping: A collective identification of development actors in a small cattle village of Chiapas, Mexico. *International Journal of Technology and Development Studies* 1:5-28.
- Guevara-Hernández, F., R. Pinto, L.A. Rodríguez, H. Gómez, R. Ortiz, M. Ibrahim y G. Cruz. 2009. Local perceptions of degradation in rangelands from a livestock farming community in Chiapas, México. *Cuban journal of Agriculture Science* 45(3):311-319.
- González, A. 2013. Payments for environmental services in the Huasteca Potosina region, Mexico: forest cover impacts at regional level. Tesis de maestría. Cologne University of Applied Science. 96 p.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Localidades de la República Mexicana 2010. Catálogo de metadatos geográficos. México.
- Inegi. 2013. Modelo digital de elevación 3.0 de la República Mexicana, escala 1:50 000. México.
- Inegi. 2014a. Áreas geoestadísticas municipales, 2012. Escala de mapa 1:250 000. México.
- Inegi. 2014b. División política estatal 2012. Escala de mapa 1:250 000. México.
- Inifap (Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias). 1995. Edafología, escala de mapa 1:1 000 000. México.
- Kiernan, M.J. 2000. The forest ejidos of Quintana Roo, Mexico. A case study for shifting the power: decentralization and biodiversity conservation. Biodiversity Support Program. Washington D.C.
- Maceratesi, L. 2007. Herramientas participativas para el análisis de información. 2a ed. EDICPSA. San Salvador, El Salvador. 30 p.
- Masera, O., M. Astier y S. López. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de la evaluación MESMIS. Ciudad de México: Mundi-Prensa-GIRA-Instituto de Ecología UNAM.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2013. Evaluación de la OCDE sobre el desempeño ambiental: México 2013. 8 p. Disponible en <http://>



- www.oecd.org/fr/env/examens-pays/EPR%20Highlights%20MEXICO%202013%20ESP.pdf.
- Pattie P., M. Núñez y P. Rojas. 2003. Valoración de los bosques tropicales de Bolivia. BOLFOR. Informe Técnico (130). Santa Cruz, Bolivia. 44 p.
- Peralta-Rivero, C., C. Contreras-Servín, M.G. Galindo-Mendoza, M. Algara-Siller y J.F. Mas-Causel. 2014a. Deforestation rates in the Mexican Huasteca Region (1976-2011). *CienciAgro* 3(1):1-20.
- Peralta-Rivero, C., C. Contreras-Servín, M. Galindo-Mendoza, J.F. Mas-Causel y M. Algara-Siller. 2014b. Analysis of land use and land cover changes and evaluation of natural generation and potential restoration areas in the Mexican Huasteca region. *Open Journal of Forestry* 4(2):124-135. doi: <http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2014.42018>
- Peralta-Rivero, C., C. Contreras, M.G. Galindo, J.C. Torrico y V.A. Vos. 2013. Percepción sobre la valoración del bosque y proyectos MDL y REDD en Riberalta, Amazonía Boliviana. *CienciAgro* 2(4):441-455.
- Pontius, R.G., E. Shusas y M. McEachern. 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 101:251-268.
- Portugal G. y G. García. 2012. Percepción del territorio y su impacto en el manejo de los recursos naturales en la cuenca alta del Papaloapan en el estado de Oaxaca. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. 125 p.
- Quinteros, J. 2012. Estudio ambiental y social comparativo del bosque húmedo en base al cambio de uso de suelo entre la Huasteca Potosina, México y la Mata Atlántica, Río de Janeiro, Brasil. Tesis de maestría en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 168 p.
- Ramos, A. 2007. La investigación cartográfica participativa como herramienta para la conservación ambiental en comunidades Tének de la Huasteca Potosina, México. Tesis de maestría en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 199 p.
- Robledo, J. 2005. Diseños de muestreo (II). *Nure Investigación* No. 12, 7 p.
- Tinoco, Z. y D. Sáenz-Campos. 1999. Investigación científica: protocolos de investigación. *Farmacos* 12(1):78-101.
- Torrez, M. y K. Paz. 2011. Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar. *Boletín electrónico* 2:1-13.
- Salitchev, K. A. 1979. Cartografía. Editorial Pueblo y Educación, MES, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Seto, C., C.E. Woodcock, C. Song, X. Huang, J. Lu y K. Kaufmann. 2002. Remote sensing. Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TMK. *International Journal of Remote Sensing* 23(10):1985-2004.
- Segob (Secretaría de Gobernación). 2010. Municipio de Ciudad Valles. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. <http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM24sanluispotosi/municipios/24013a.html>
- Tipula, P. 2008. Metodología de mapeo territorial. Comunidades nativas Cacataibo. Instituto del bien común. Perú. 16 p.
- Velázquez, A., J.F. Mas, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P.C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J.L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62:21-37.
- Vidal-Zepeda, R. 1990. Precipitación media anual, escala de mapa 1:4,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Weckmüller, R., N.C. Slovinsky y R. Vicens. 2013. Análise multitemporal como subsídio à identificação da trajetória evolutiva do uso e cobertura da terra no Corredor Ecológico do Muriqui/RJ. *Revista Brasileira de Cartografia* 65(3):467-477.
- Zepeda, C., X.A. Nemiga, A. Lot y D. Madrigal. 2012. Análisis del cambio de uso de suelo en las ciénagas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. *Investigaciones Geográficas* 58:54-65.

Manuscrito recibido el 11 de julio de 2014.
Aceptado el 3 de diciembre de 2015.

Este documento se debe citar como:
Peralta-Rivero, C., M. G. Galindo-Mendoza, C. Contreras-Servín, M. Algara-Siller y J. F. Mas-Causel. 2016. Percepción local respecto a la valoración ambiental y pérdida de los recursos forestales en la región Huasteca de San Luis Potosí, México. *Madera y Bosques* 22(1):71-93.

APÉNDICE 1. Carta descriptiva del mapeo participativo de percepciones sobre la pérdida de recursos forestales aplicados en el ejido Laguna del Mante y la comunidad Toco y. Facilitadores: Carmelo Peralta Rivero y Hugo Medina Garza.

<i>Etapas</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Responsable</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Metas</i>	<i>Técnicas y actividades</i>	<i>Material y equipo</i>
Registro de asistentes	9:00-9:15	Equipo de trabajo	Contar con un registro de asistentes	Se enlistan e identifican a los asistentes al taller	Registro y elaboración de tarjetas	Listas, marcadores, tarjetas, bolígrafos
Bienvenida	9:15-9:20	Equipo de trabajo	Dar la bienvenida	Se da la bienvenida a los participantes	Verbal	
Dinámica de integración	9:20-9:25	Facilitadores	Integración	Los ejidatarios o comunarios entran en confianza	Cada persona presenta a un compañero	
Justificación y presentación de objetivos del taller	9:25-9:45	Facilitadores	Justificar la presencia de todos y el alcance que se quiere lograr	Se tiene claro el motivo de la asistencia al taller y los objetivos	¿Por qué estamos aquí asistentes y facilitadores? Reflexión y explicación de los objetivos	Proyector, documento en power point
Introducción al taller	9:45-9:55	Facilitadores	Explicar la dinámica del taller	Los ejidatarios o comunarios comprenden la dinámica del taller	Exposición verbal	Programa del día
Importancia del pasado de bosques y selvas (monte)	9:55-10:15	Facilitadores	Entender la importancia de eventos de relevancia en el ámbito productivo en los últimos años para consolidar los mapas. Identificar las características más importantes de las actividades forestales y relacionadas a éstas en los últimos años	Se identifican momentos importantes de la comunidad y el sistema productivo y su relación con los recursos naturales. Se identifican programas de ayuda y otros del pasado. Conocer la memoria colectiva del grupo respecto a la actividad forestal	Mediante grupos de discusión de los ejidatarios o comunarios (línea de tiempo de la deforestación u otros). Discusión grupal, presentación	Papelografos, marcadores, tarjetones, papel bond, plumones, cartulinas de colores
Importancia de los bosques	10:15-10:30	Facilitadores	Conocer la importancia de los selvas de la comunidad	¿Qué son selvas? Importancia de las selvas	Presentación	Laptop y proyector
Descanso						
Elaboración de mapa individual	10:45-11:00	Facilitadores	Elaborar mapas de parcelas de los personas de la comunidad	Los personas de la comunidad o el ejido, elaboran un croquis de su parcela y tratan de localizarla en el mapa de la ortofotos e imágenes	Dibujo Individual	Lápices, borradores, cartulinas
Elaboración de mapas participativos de la comunidad	11:00-13:30	Facilitadores	Elaborar el mapa del pasado, presente y futuro	Los ejidatarios y personas de la comunidad elaboran sus mapas del presente pasado y futuro	Se marca sobre imágenes de satélite y ortofotos y se dibuja en un papelografo	Mapas, imágenes de satélite, ortofotos, marcadores, lápices de colores etc.
Evaluación de mapas	13:30-14:30	Todos	Reconocimiento del área y evaluación de los mapas	Los ejidatarios y comunarios reconocen y evalúan sus mapas y localizan áreas en el mapa	Recorrido de campo	GPS
Refrigerio y fin del evento						



APÉNDICE 2. Proceso del mapeo participativo de percepción en el ejido Laguna del Mante y en la comunidad Tocoy.



Woody neotropical streetscapes: a case study of tree and shrub species richness and composition in **Xalapa**

Paisajes urbanos leñosos en el Neotrópico: Riqueza y composición de
especies de árboles y arbustos en Xalapa

Ina Falfán¹ and Ian MacGregor-Fors^{1*}

¹ Red de Ambiente y Sustentabilidad. Instituto de Ecología, A.C., Veracruz, México.

* Corresponding author. ian.macgregor@inecol.mx

ABSTRACT

The urbanization process goes far beyond the replacement of preexisting non-urban systems, transforming the land in such way that represents worrisome ecological threats. In the novel urban systems, original vegetation is removed and/or replaced with a combination of native and exotic species. In this study, our aim was to generate an updated species list of the trees and shrubs that thrive in the streetscape of Xalapa (Veracruz, Mexico), describing their native/exotic ratio. For this, we followed a city-wide approach comprised by a grid of 106 sampling sites. We recorded a total of 140 tree and shrub species, of which 32 had not been previously reported for the city. Exotics represented more than half of the recorded species, which together with native ones were distributed unevenly throughout the city. Most frequent species include: Weeping Fig (*Ficus benjamina*), Chinese Hibiscus (*Hibiscus rosa-sinensis*), Paperflower (*Bougainvillea glabra*), Rhododendron (*Rhododendron* sp.), Mexican Cypress (*Cupressus lusitanica*), and Little-leaf Boxwood (*Buxus microphylla*). It is noticeable that sites at which we recorded no trees or shrubs were located near downtown and peripheral areas of the city. Our findings should be considered carefully, as the unequal distribution of plant diversity in urban areas can compromise the benefits that vegetation provides to citizens, as well as their ecological functions.

KEYWORDS: exotic species, native species, spatial distribution, species origin, street trees, urban trees.

RESUMEN

El proceso de urbanización va más allá del remplazo de sistemas preexistentes, transformando el terreno de tal forma que representa amenazas ecológicas preocupantes. En estos nuevos sistemas, la vegetación original es removida o remplazada con una combinación de especies nativas y exóticas. Este trabajo se enfocó en generar una lista de especies actualizada de los árboles y arbustos del paisaje urbano de Xalapa (Veracruz, México), describiendo la proporción de especies nativas y exóticas. Para ello, se utilizó un enfoque de ciudad completa comprendida por una retícula de 106 sitios de muestreo. Se registró un total de 140 especies de árboles y arbustos, de los cuales 32 no habían sido registrados anteriormente para la ciudad. Las especies exóticas representaron más de la mitad de las especies registradas, las cuales en conjunto con las especies nativas estuvieron distribuidas de forma desigual a lo largo y ancho de la ciudad. Las especies más frecuentes fueron: laurel de la India (*Ficus benjamina*), tulipán chino (*Hibiscus rosa-sinensis*), buganvilla (*Bougainvillea glabra*), azalea (*Rhododendron* sp.), cedro blanco (*Cupressus lusitanica*) y boj de hoja pequeña (*Buxus microphylla*). Es notable que los sitios en los que no se registró ninguna especie de árbol o arbusto estuvieron localizados cerca del centro histórico de la ciudad, así como en sus periferias. Los resultados de este trabajo deben ser considerados cuidadosamente, ya que la distribución desigual de la diversidad de plantas en áreas urbanas puede comprometer los beneficios que provee la vegetación a los habitantes, así como sus funciones ecológicas.

PALABRAS CLAVE: especies exóticas, especies nativas, distribución espacial, origen de especie, arbolado de alineación, árboles urbanos.

INTRODUCTION

Urbanization is a process in which humans establish and develop cities (Vlahov and Galea, 2002; Berkowitz *et al.*, 2003; United Nations, 2014). This process implies the transformation of preexisting non-urban systems into urban novel ones with unique physical, biological, and social traits (Alberti *et al.*, 2003; Grimm *et al.*, 2008; Pickett *et al.*, 2011). In general, urban areas are established to fulfill human modern housing needs, which have varied along regions and through time (Berry, 2008). Thus, as the urbanization process tends to replace original vegetation, as well as many other important local changes, it represents a threat for biodiversity in larger scales (Czech and Krausman, 1997; Czech *et al.*, 2000; McKinney, 2006; Kowarik, 2011; Aronson *et al.*, 2014).

As a crucial ecological component of urban areas, its vegetation provides important social and environmental benefits to urban dwellers (Dwyer *et al.*, 1992; Tyrväinen *et al.*, 2005; Manning, 2008), as well as a wide array of resources for wildlife species that dwell within cities (Ortega-Álvarez and MacGregor-Fors, 2011; Antonini *et al.*, 2013; Ramírez-Restrepo and Halfpeter, 2013; Lintott *et al.*, 2014). Moreover, it is noteworthy that tree and shrub diversity, composition, cover, and spatial distribution within a city are basically driven by the interaction between physical (e.g., topography), ecological (e.g., pre-existent vegetation type) and human factors (e.g., planting, pruning, preference for some species, socioeconomics; Zipperer *et al.*, 1997; Dwyer *et al.*, 2000; Ramage *et al.*, 2013), often representing part of the identity of cities (Konijnendijk, 2008; Li *et al.*, 2011). In general, urban trees and shrubs are located on sidewalks, median strips, and urban greenspaces (e.g., woodlands, parks, cemeteries, gardens; Konijnendijk *et al.*, 2005; Ardila *et al.*, 2012), commonly aggregated and distributed unevenly throughout cities (Escobedo and Nowak, 2009; McConnachie and Shackleton, 2010; Cohen *et al.*, 2012).

Although urban vegetation has received important attention by urban ecologists in the past (Rowntree, 1984; Jim, 1988; Zipperer *et al.*, 1997; Luck *et al.*, 2009; Ortega-Álvarez *et al.*, 2011), little is known about their ecolog-

ical patterns and processes in highly biodiverse regions; woefully, Latin America is not an exception (MacGregor-Fors and Ortega-Álvarez, 2013; Pauchard and Barbosa, 2013). Although many studies on trees and shrubs in Mexican urban areas have been concentrated in Mexico City (e.g., Díaz-Betancourt *et al.*, 1987; Cruz, 1989; López-Moreno and Díaz-Betancourt, 1989; López-Moreno, 1991; Chacalo and Corona, 2009; Ortega-Álvarez *et al.*, 2011), there is a growing number of studies focusing on different aspects of urban trees and shrubs (e.g., diversity, origin, spatial distribution, environmental function, landscape architecture, management, social perception) in other cities, such as: Monterrey, Nuevo León (Alanís, 2005); Mérida, Yucatán (Sosa and Flores, 1993; Orellana *et al.*, 2003; López-Falfán, 2008); Campeche, Campeche (Niembro-Rocas, 1992); Chihuahua, Chihuahua (Alcalá *et al.*, 2008); Morelia, Michoacán (Conejo, 2011; Sánchez and Peralta, 2013; Camacho-Cervantes *et al.*, 2014); and Xalapa, Veracruz (Arias, 1983; García-Campos, 1993; Ruiz-Montiel *et al.*, 2014).

Particularly, the city of Xalapa-Enriquez (referred to as Xalapa hereafter) has recently received special attention as it represents an excellent urban laboratory due to its location and orography that promote highly biodiverse wildlife communities (Capitanachi *et al.*, 2001; Williams-Linera *et al.*, 2002; MacGregor-Fors *et al.*, 2015). Previous studies have assessed the woody vegetation of Xalapa in specific areas of the city, most of which include greenspaces (e.g., Arias, 1983; García-Campos, 1993; Díaz-Betancourt and López-Moreno, 1993; Capitanachi and Amante, 1995; SCDEPEV, 2010; Lemoine, 2012; Ruiz-Montiel *et al.*, 2014); however, there is an important dearth of knowledge regarding the woody vegetation along its streetscapes, including its spatial distribution.

In this study, we focused on the streetscape of Xalapa using a city-wide survey approach. City-wide surveys take into account the spatial heterogeneity of the ecological, infrastructure, and social conditions of the city, allowing studies to have a representative sample of its most frequent scenarios (Turner, 2003; Davies *et al.*, 2011; McCaffrey and Mannan, 2012). Based on previous studies, we



expected that the surveyed trees and shrubs would show: (1) low species richness (López-Moreno and Díaz-Betancourt, 1991; Li *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2012), (2) high representation of exotic species (Castillo-Campos, 1991; López-Moreno and Díaz-Betancourt, 1991; Kuruner-Chitepo and Shackleton, 2011; Wang *et al.*, 2012), and (3) an uneven distribution of richness across the city (Landry and Chakraborty, 2009; Kuruner-Chitepo and Shackleton, 2011; Kendal *et al.*, 2012).

OBJECTIVES

To generate an updated species list of trees and shrubs of the streetscape of Xalapa based on a city-wide approach, describing their native/exotic ratio.

MATERIALS AND METHODS

Study area

We performed this study in the city of Xalapa ($19^{\circ}32'37''$ N, $96^{\circ}54'37''$ W), including its conurbation with Banderilla (Municipality of Banderilla), Guadalupe Victoria (Municipality of Tlalnehuayocan), and Bugambillas

(Municipality of Emiliano Zapata). The urban continuum of Xalapa has a territory of ~ 60 km² and is an updated version of that proposed by Lemoine (2012), based on MacGregor-Fors (2010), and current ongoing research (Muñoz-Robles *et al.*, unpublished data) (Fig. 1). Following its 600 m elevation gradient (1120 m - 1720 m asl; Inegi, 2009), Xalapa has a semicalid climate on its southeast side, while a temperate climate dominates its northwestern section (Soto and Gómez, 1993). The original vegetation of the region was diverse, comprised mainly of pine forests, oak forests, cloud forests, and tropical dry forests (Castillo-Campos, 1991). Currently, $\sim 20\%$ of the city's area is covered by woody vegetation (Lemoine, 2012) and, as in many other cities in the world, it is comprised of a mixture of native and exotic species, basically confined to greenspaces (e.g., parks, streets, gardens; Castillo-Campos, 1991; García-Campos, 1993; Ruiz-Montiel *et al.*, 2014).

Field surveys and plant identification

To establish sampling sites across Xalapa, we used a polygon of the city from ongoing research (Muñoz-Robles *et al.*, unpublished data). Briefly, we delimited the polygon of

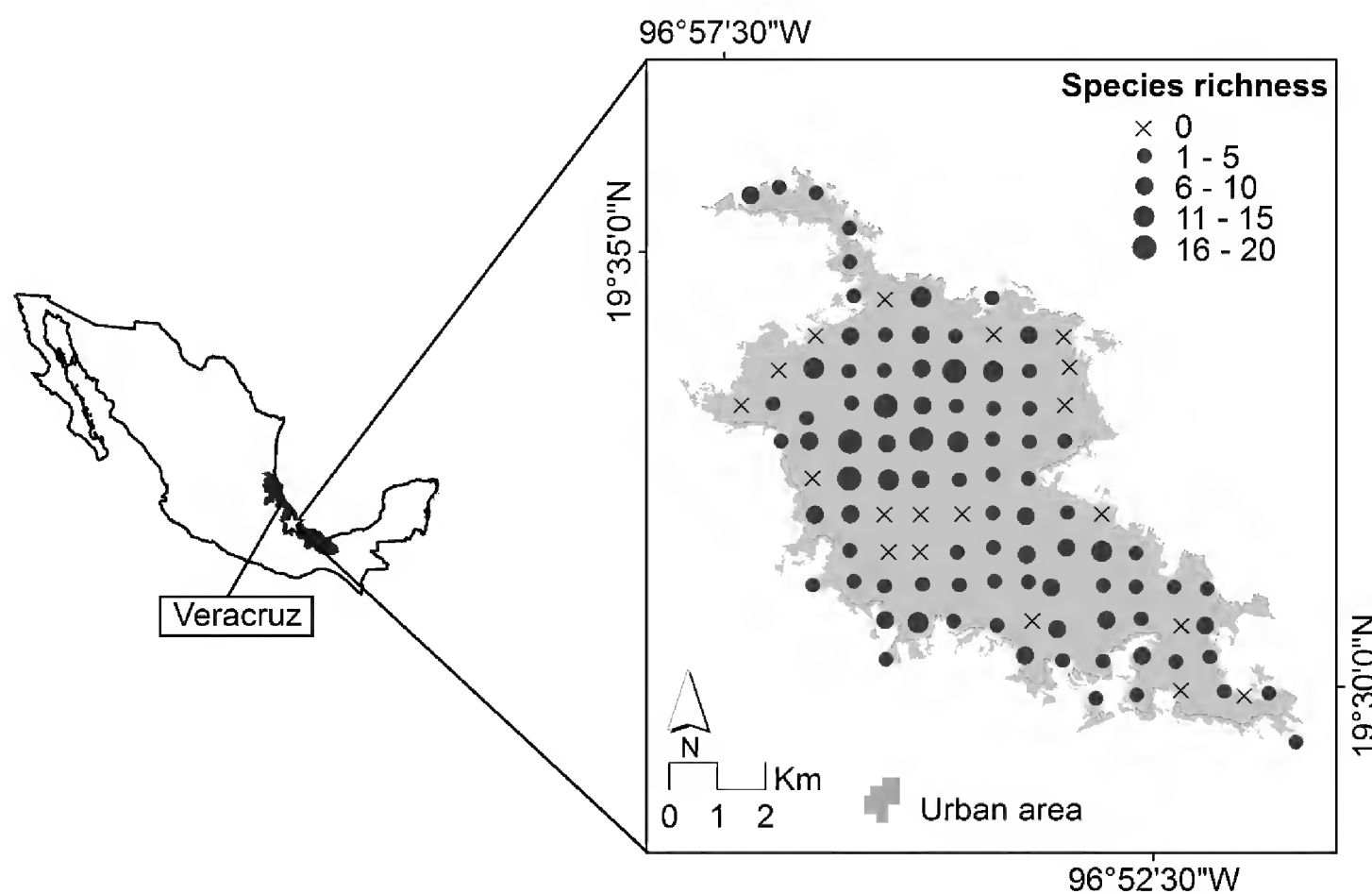


FIGURE 1. Map of study area depicting the location of Xalapa in central Veracruz and the distribution of surveyed tree and shrub species richness throughout the city.

Xalapa following spatial aggregation and communication criteria on an up-to-date high-quality satellite image. We then set a 750 m × 750 m grid on the polygon of the city and considered the centroid of cells as sampling sites. Finally, we adjusted the position of sampling sites *in situ* to the nearest accessible public area where sampling was feasible. The resulting number of sampling sites was 110, which for security reasons at some peri-urban areas of the city was reduced to 106 (Fig. 1).

We surveyed trees and shrubs in 106 sites, identifying all species present in an area of 150 m² per site. Due to the complexity of urban areas and their streetscapes, we used three procedures depending on the nature of the sampling site, considering the same survey area: (1) two 75 m transects on both sidewalks of streets without median-strips, (2) three 50 m transects on both sidewalks and the median-strip, when the latter were present, and (3) two 50 m transects on both sides of pathways of greenspaces and a parallel one 5 m away from the pathway.

All trees (including palms) and shrubs (including hedges) inside the surveyed area were recorded and identified to species level, whenever possible. When we were not able to identify an individual in the field, we collected a sample for further identification in the herbarium (Herbario XAL, Inecol). We identified the recorded trees and shrubs using available identification keys and specialized literature (Arias, 1983; Benítez *et al.*, 2004; Calderón and Rzedowski, 2005; Pennington and Sarukhán, 2005; Vásquez, 2007; Chacalo and Corona, 2009; the “Flora de Veracruz” series; and those in www.tropicos.org). Some species that could not be determined in the herbarium were identified by an expert botanist (G. Castillo-Campos, pers. com.). Nevertheless, three tree individuals could not be identified as we could not get a field sample during the fieldwork due to their height and/or location. We will deposit all collected samples with herbarium minimum requirements in the Herbarium XAL (Inecol).

Data analysis

Although we could not identify all recorded trees and shrubs to species level, we considered all identified taxa as

species because we are certain that they belong to different species. After identifying all recorded tree and shrub species, we determined their origin and categorized them in native and exotic. We based the native/exotic categorization in relation to the region of study (central Veracruz), considering species as exotic if they do not occur naturally in central Veracruz (Richardson *et al.*, 2000; Lodge and Shrader-Frechette, 2003; Jørgensen and Fath, 2008). We also contrasted our results with those reported in previous studies considering taxonomical changes in a world-wide database (Tropicos: www.tropicos.org). In order to set our species list into context, we compared it with previous local and regional studies (Arias, 1983; García-Campos, 1993; Díaz-Betancourt and López-Moreno, 1993; Capitánachi and Amante, 1995; SCDEPEV, 2010; Lemoine, 2012; Ruiz-Montiel *et al.*, 2014).

We used basic statistics to describe average, standard deviation, and data distribution of tree and shrub richness species recorded per sampling site. We carried out a two-sample Kolmogorov-Smirnov test to compare the distributions of the proportions of both native and exotic species. Due to the non-normality of our data (i.e., native and exotic tree and shrub species richness assessed with one sample Kolmogorov-Smirnov test: $D = 0.60$, $P < 0.001$; $D = 0.74$, $P < 0.001$, respectively), we carried out a Wilcoxon rank-sum test for paired data to compare the values of native and exotic richness. We performed all statistical procedures in R (R Development Core Team, 2012).

RESULTS

We recorded a total of 1116 trees and shrubs in our city-wide survey. Of them, we identified 140 species (Table 1), 126 to the species level, eight to genus, and three to family, while three specimens could not be identified at all, reason why they were not considered in further analyses. From the 49 recorded families, the one with highest representation was Arecaceae (12 species), followed by Fabaceae (10 species), Fagaceae (9 species), and Malvaceae (8 species). It is noteworthy that almost half (47%) of the recorded families were represented by a single species. In



relation to their distribution in the city, the six most frequent species were: Weeping Fig (*Ficus benjamina*; 32% of the sampling sites), Chinese Hibiscus (*Hibiscus rosa-sinensis*; 19% of the sampling sites), Paper Flower (*Bougainvillea glabra*; 15% of the sampling sites), Rhododendron (*Rhododendron* sp.; 15% of the sampling sites), Mexican Cypress (*Cupressus lusitanica*; 15% of the sampling sites), and Little-leaf Boxwood (*Buxus microphylla*; 15% of the sampling sites; Fig. 2, Table 1).

From the trees and shrubs we could identify and relate to their geographical origin ($n = 131$ species), 55.7% are exotic and 44.3% are original of central Veracruz. When considering the six most frequent species (found in > 15 sampling sites), only one is native to central Veracruz (Mexican Cypress—*Cupressus lusitanica*). An important difference found between the surveyed sites from greenspaces (i.e., Cerro de la Galaxia, Cerro Macuiltepetl, Ecologic Reserve Tejar-Garnica, Seminario Mayor, Parque Natura) and the rest of highly developed urban areas was a higher presence of native tree and shrub species (68% in five greenspaces; 36% in 101 highly developed urban sites).

Regarding all tree and shrub species richness across Xalapa, we recorded values ranging from 0–20 species per

sampling site, with an average of $4.8 (\pm \text{SD } 4.9)$ species. After excluding the 19 sites where we did not record any tree or shrub (located basically in the downtown and peripheral areas of the city; Fig. 1), native tree and shrub richness per sampling site ranged from 0–10 species, with an average of $1.8 (\pm \text{SD } 2.1)$ species. Contrastingly different to native species, exotic species richness was higher, with up to 15 species per sampling site (average: $3.9 \pm \text{SD } 3.7$ species). According to the Wilcoxon rank-sum test for paired data, significant differences exist between the amount of native and exotic species per sampling site, with the later showing higher numbers ($V = 661.5$, $P < 0.001$).

As predicted, the spatial distribution of tree and shrub species richness showed to be unequally distributed across the city, with the richest sites (with > 15 tree and shrub species) located in the northern part of the city (Fig. 1). Interestingly, sampling sites with the highest values of exotic species were also located in the northern-central portion of the city (Fig. 3). We found no clear spatial distribution patterns for neither native nor exotic species richness across the city (Fig. 3). Still, the few sampling sites at which we recorded 100% native trees and shrubs are mainly located on peripheral areas of Xalapa, while those where we recorded 100% exotic trees and shrubs are dispersed throughout the city (Fig. 4). Although the proportion of recorded native and exotic tree and shrub species ranged from 0%–100% per site, the average percentage of exotics was of 65.7% ($\pm \text{SD } 31.7\%$ species), and was of 33.0% ($\pm \text{SD } 31.4\%$) for natives, with the frequency distribution of native/exotic ratios showing significant differences (two-sample Kolmogorov-Smirnov test: $D = 0.44$, $P < 0.001$; Fig. 4).

DISCUSSION AND CONCLUSION

Urban vegetation is dynamic due to the human forces behind its presence and abundance (McPherson *et al.*, 1997; Zipperer *et al.*, 1997; Hope *et al.*, 2006; Ortega-Álvarez *et al.*, 2011; Ramage *et al.*, 2013). Our results show that tree and shrub species richness of the streetscape of Xalapa is high, with an important exotic component, and unevenly distributed across the city. Due to the human forces driving its streetscape, the unique location of the

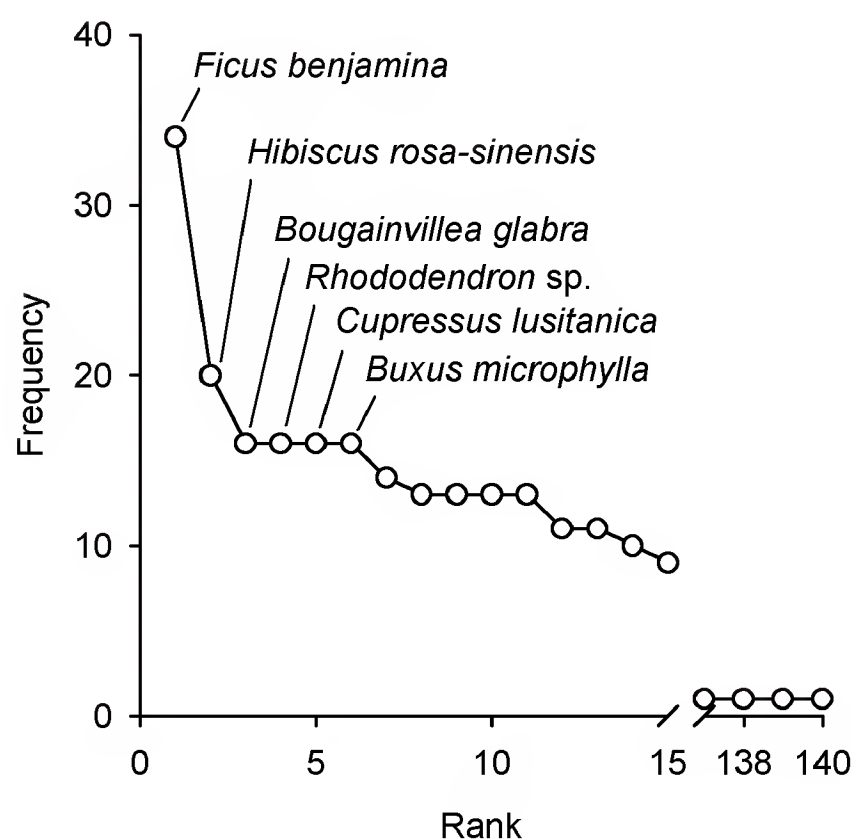


FIGURE 2. Rank-frequency plot of surveyed tree and shrub species in Xalapa.

TABLE 1. List of recorded tree and shrub species in the streetscape of Xalapa, Veracruz, ordered alphabetically by family.

Family	Species	Origin ¹	Frequency ²
Acanthaceae	<i>Pachystachys lutea</i> Ness ^{c, d}	Exotic	2
Adoxaceae	<i>Sambucus nigra</i> L.*	Native	4
	<i>Viburnum suspensum</i> Lindl.*	Exotic	3
Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L. ^{a, b, c, d, e, f, g}	Native	9
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L. ^{a, b, c, e}	Exotic	1
	<i>Spondias purpurea</i> L. ^c	Native	1
Annonaceae	<i>Annona cherimola</i> Mill. ^{a, b, d, e, g}	Native	2
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L. ^{b, c, d}	Exotic	7
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch. ^{a, b}	Native	1
	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planch. ^{a, b, d, g}	Native	1
	<i>Schefflera actinophylla</i> (Endl.) Harms*	Exotic	2
	<i>Schefflera arboricola</i> (Hayata) Merr. ^{c, d, e}	Exotic	5
Araucariaceae	<i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franco ^{a, b, d, e, f}	Exotic	2
Arecaceae	Arecaceae sp. 1	-	1
	Arecaceae sp. 2	-	1
	<i>Caryota urens</i> L. ^{d, e}	Exotic	1
	<i>Chamaedorea elegans</i> Mart. ^{c, d}	Native	3
	<i>Chamaedorea klotzschiana</i> H. Wendl.*	Native	1
	<i>Chamaedorea schiedeana</i> Mart. ^b	Native	1
	<i>Chamaedorea</i> sp.	Native	1
	<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. ^{d, e}	Exotic	5
	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.*	Exotic	1
	<i>Hyophorbe</i> sp.*	Exotic	1
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman*	Exotic	7
	<i>Washingtonia robusta</i> H. Wendl. ^{a, b, d}	Exotic	1
Asteraceae	<i>Dahlia imperialis</i> Roezl ex Ortgies ^d	Exotic	1
	<i>Verbesina turbacensis</i> Kunth*	Native	1
	<i>Vernonia patens</i> Kunth*	Native	6
Betulaceae	<i>Carpinus caroliniana</i> Walter ^{a, b, d, e, f, g}	Native	3
Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don ^{a, b, c, d, e, f}	Exotic	11
	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv. ^{a, b, d, e, f}	Exotic	3
	<i>Tabebuia</i> sp.*	Native	1
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. ^{b, c, d, g}	Native	5
Buxaceae	<i>Buxus microphylla</i> Siebold & Zucc. ^{b, d}	Exotic	16
Casuarinaceae	<i>Casuarina cunninghamiana</i> Miq. ^{d, e, f, g}	Exotic	3
	<i>Casuarina equisetifolia</i> L. ^{a, b, c, d, f}	Exotic	1
Celastraceae	<i>Euonymus japonicus</i> Thunb. ^{b, d}	Exotic	1
Clethraceae	<i>Clethra macrophylla</i> M. Martens & Galeotti ^{d, f}	Native	2

TABLE 1. List of recorded tree and shrub species in the streetscape of Xalapa, Veracruz, ordered alphabetically by family. (Continued...)

Family	Species	Origin ¹	Frequency ²
Cornaceae	<i>Cornus florida</i> L.*	Native	1
Cupressaceae	<i>Callitropsis macrocarpa</i> (Hartw. ex Gordon) D.P. Little*	Exotic	2
	<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold & Zucc.) Endl. ^{b, d, e, f}	Exotic	5
	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill. ^{a, b, c, d, e, f, g}	Native	16
	<i>Cupressus sempervirens</i> L. ^{a, c, d, e}	Exotic	4
	<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco ^{c, d}	Exotic	2
Ericaceae	<i>Rhododendron</i> sp. ^{c, d} **	Exotic	16
Euphorbiaceae	<i>Codiaeum variegatum</i> (L.) Rumph. ex A. Juss. ^{c, d}	Exotic	3
	<i>Croton draco</i> Schltdl. & Cham. ^{a, b, e, g}	Native	1
	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L. ^{a, b, c, d, e, g}	Native	6
	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch ^{b, c, d}	Exotic	5
Fabaceae	<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth. ^{a, b, c, e, g}	Native	6
	<i>Bauhinia variegata</i> L. ^{b, c, d}	Exotic	1
	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.*	Native	1
	<i>Calliandra houstoniana</i> (Mill.) Standl.*	Native	1
	<i>Cassia fistula</i> L.*	Exotic	1
	<i>Erythrina americana</i> Mill. ^{a, b, d, e, g}	Native	6
	<i>Inga inicuil</i> Schltdl. & Cham. ex G. Don ^{a, b, c, d, e, f, g}	Native	1
	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltdl.) Benth. ^{d, f}	Native	1
	<i>Senna septemtrionalis</i> (Viv.) H.S. Irwin & Barneby*	Native	1
	<i>Senna</i> sp.	-	1
Fagaceae	<i>Quercus acutifolia</i> Née ^{a, b, e, g}	Native	1
	<i>Quercus</i> aff. <i>acutifolia</i> Née ^{a, b, e, g}	Native	1
	<i>Quercus castanea</i> Née ^g	Native	1
	<i>Quercus cortesii</i> Liebm.*	Native	1
	<i>Quercus germana</i> Schltdl. & Cham. ^{a, b, e, g}	Native	2
	<i>Quercus peduncularis</i> Née*	Native	1
	<i>Quercus sapotifolia</i> Liebm.*	Native	1
	<i>Quercus sartorii</i> Liebm.*	Native	1
	<i>Quercus xalapensis</i> Bonpl. ^{e, f, g}	Native	1
Juglandaceae	<i>Juglans pyriformis</i> Liebm. ^{d, e}	Native	1
Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis</i> L. ^{c, d}	Exotic	2
Lauraceae	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl*	Exotic	2
	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth ^{c, d, e}	Native	2

¹Origin: native/exotic in relation to central Veracruz.
²Frequency: number of sampling sites where the species was recorded (n = 106). ^a Arias (1983), ^b García-Campos (1993), ^c Díaz-Betancourt & López-Moreno (1993), ^dCapitanachi & Amante (1995), ^e SCDEPEV (2010), ^f Lemoine (2012), ^g Ruiz-Montiel *et al.* (2014).
*Not previously reported to the urban area of Xalapa.
**These two shrubs may comprise several taxonomic entities, nevertheless, for practical matters, we report them here as one unknown species.

TABLE 1. List of recorded tree and shrub species in the streetscape of Xalapa, Veracruz, ordered alphabetically by family. (Continued...)

Family	Species	Origin ¹	Frequency ²
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill. ^{a, b, c, d, e, g}	Native	6
Lythraceae	<i>Lagerstroemia indica</i> L. ^{b, d}	Exotic	3
	<i>Punica granatum</i> L. ^{c, d}	Exotic	2
Magnoliaceae	<i>Magnolia grandiflora</i> L. ^{a, b, d, e}	Native	3
	<i>Magnolia schiedeana</i> Schltdl. ^d	Native	1
	<i>Magnolia soulangeana</i> Soul.-Bod. ^{b, d}	Exotic	1
	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f. ^d	Native	1
	<i>Ceiba</i> sp.	-	1
	<i>Heliocarpus americanus</i> L. ^g	Native	3
	<i>Heliocarpus mexicanus</i> (Turcz.) Sprague*	Native	1
	<i>Hibiscus radiatus</i> Cav.*	Exotic	1
	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L. ^{b, c, d, g}	Exotic	20
	<i>Hibiscus syriacus</i> L. ^b	Exotic	1
	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav. ^{b, c, d, f, g}	Native	2
Melastomataceae	<i>Tibouchina urvilleana</i> (DC.) Cogn. ^{b, d}	Exotic	1
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i> L. ^{a, b, d, e}	Exotic	3
	<i>Trichilia havanensis</i> Jacq. ^{a, b, c, d, e, g}	Native	5
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L. ^{b, c, d, e, f}	Exotic	34
	<i>Ficus carica</i> L. ^{c, d, e}	Exotic	1
	<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem. ^{a, b, d, e}	Exotic	1
	<i>Ficus microcarpa</i> L. f. ^{a, b, d, e}	Exotic	6
Myrtaceae	<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels ^{a, b, c, d, e, f}	Exotic	4
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.*	Exotic	2
	<i>Eugenia uniflora</i> L.*	Exotic	1
	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. ^{a, b, c, d, e}	Native	2
	<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine*	Exotic	1
	<i>Psidium guajava</i> L. ^{a, b, c, d, e, g}	Native	13
	<i>Syzygium samarangense</i> (Blume) Merr. & L.M. Perry ^{b, d, e}	Exotic	10
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea buttiana</i> Holttum & Standl. ^c	Exotic	5
	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy ^{b, c}	Exotic	16
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh. ^{a, b, c, d, e}	Native	8
	<i>Jasminum mesnyi</i> Hance ^{b, c}	Exotic	1
	<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb. ^{b, d}	Exotic	1
	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton ^{a, b, c, d, e}	Exotic	11
	<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk. ^{c, d}	Exotic	2
	<i>Ligustrum sinense</i> Lour.*	Exotic	1
	<i>Ligustrum vulgare</i> L. ^d	Exotic	2
Papaveraceae	<i>Bocconia frutescens</i> L. ^{c, d, g}	Native	3

TABLE 1. List of recorded tree and shrub species in the streetscape of Xalapa, Veracruz, ordered alphabetically by family. (End).

Family	Species	Origin ¹	Frequency ²
Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham. ^{a, b, c, d, e, f, g}	Native	1
Platanaceae	<i>Platanus mexicana</i> Moric. ^{a, b, d, e, f, g}	Native	5
Podocarpaceae	<i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb.) Sweet*	Exotic	1
Primulaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth*	Native	2
	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.*	Exotic	2
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. ex R. Br. ^{a, b, d, e, f, g}	Exotic	1
	<i>Macadamia tetraphylla</i> L.A.S. Johnson ^d	Exotic	1
Rhamnaceae	<i>Frangula capreifolia</i> (Schltdl.) Grubov ^{a, b, e, g}	Native	1
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl. ^{a, b, c, d, e, f, g}	Exotic	14
	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch ^{a, b, c, d, e}	Exotic	9
	<i>Prunus</i> sp.	-	1
	<i>Rosa</i> sp. ^{b, c, d**}	Exotic	13
	Rosaceae sp.	-	1
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L. ^{b, c, d, f, g}	Exotic	6
	<i>Gardenia jasminoides</i> J. Ellis ^{b, c, d}	Exotic	3
	<i>Palicourea padifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Schult.) C.M. Taylor & Lorence ^g	Native	1
	<i>Randia aculeata</i> L.*	Native	3
Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i> La Llave ^{a, b, d, e}	Native	1
	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck ^{a, b, c, d, e, f}	Exotic	6
	<i>Citrus maxima</i> (Burm.) Merr. ^{a, b, c, d, e, g}	Exotic	13
	<i>Citrus reticulata</i> Blanco ^{a, b, c, d, e}	Exotic	13
	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack ^{c, d}	Exotic	2
Salicaceae	<i>Salix babylonica</i> L. ^{a, b, d, e, g}	Exotic	1
Solanaceae	<i>Brugmansia candida</i> Pers. ^{b, d, g}	Exotic	6
	<i>Brugmansia suaveolens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Sweet*	Exotic	2
Theaceae	<i>Camellia japonica</i> L. ^{b, c, d}	Exotic	2
Verbenaceae	<i>Duranta repens</i> L. ^{b, d}	Native	3
Unidentified	Sp. 1	-	1
	Sp. 2	-	1
	Sp. 3	-	1

¹Origin: native/exotic in relation to central Veracruz.
²Frequency: number of sampling sites where the species was recorded (n = 106). ^a Arias (1983), ^b García-Campos (1993), ^c Díaz-Betancourt & López-Moreno (1993), ^d Capitanachi & Amante (1995), ^e SCDEPEV (2010), ^f Lemoine (2012), ^g Ruiz-Montiel *et al.* (2014).
*Not previously reported to the urban area of Xalapa.
**These two shrubs may comprise several taxonomic entities, nevertheless, for practical matters, we report them here as one unknown species.

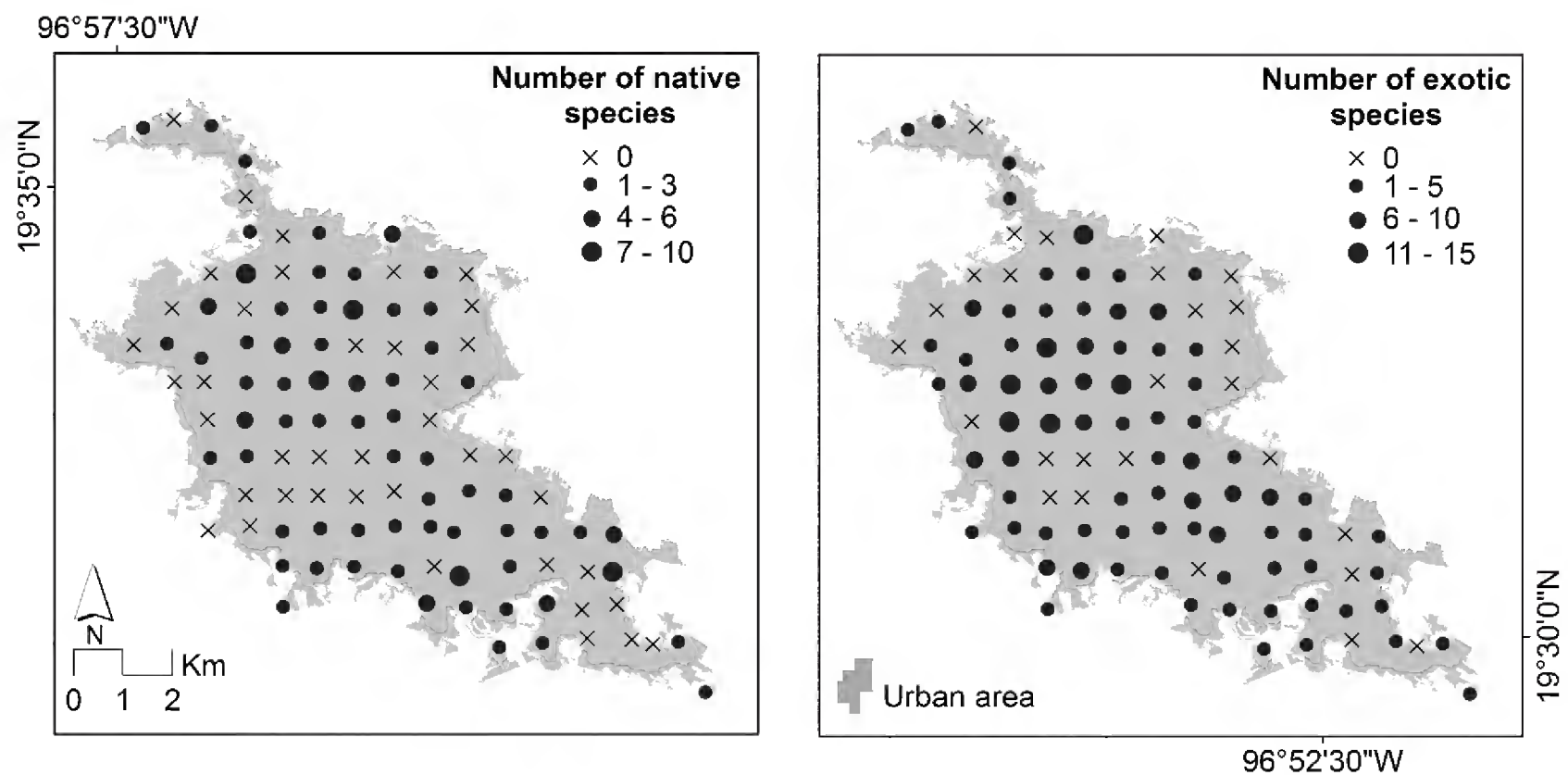


FIGURE 3. Spatial distribution of native and exotic trees and shrubs recorded in the streetscape of Xalapa.

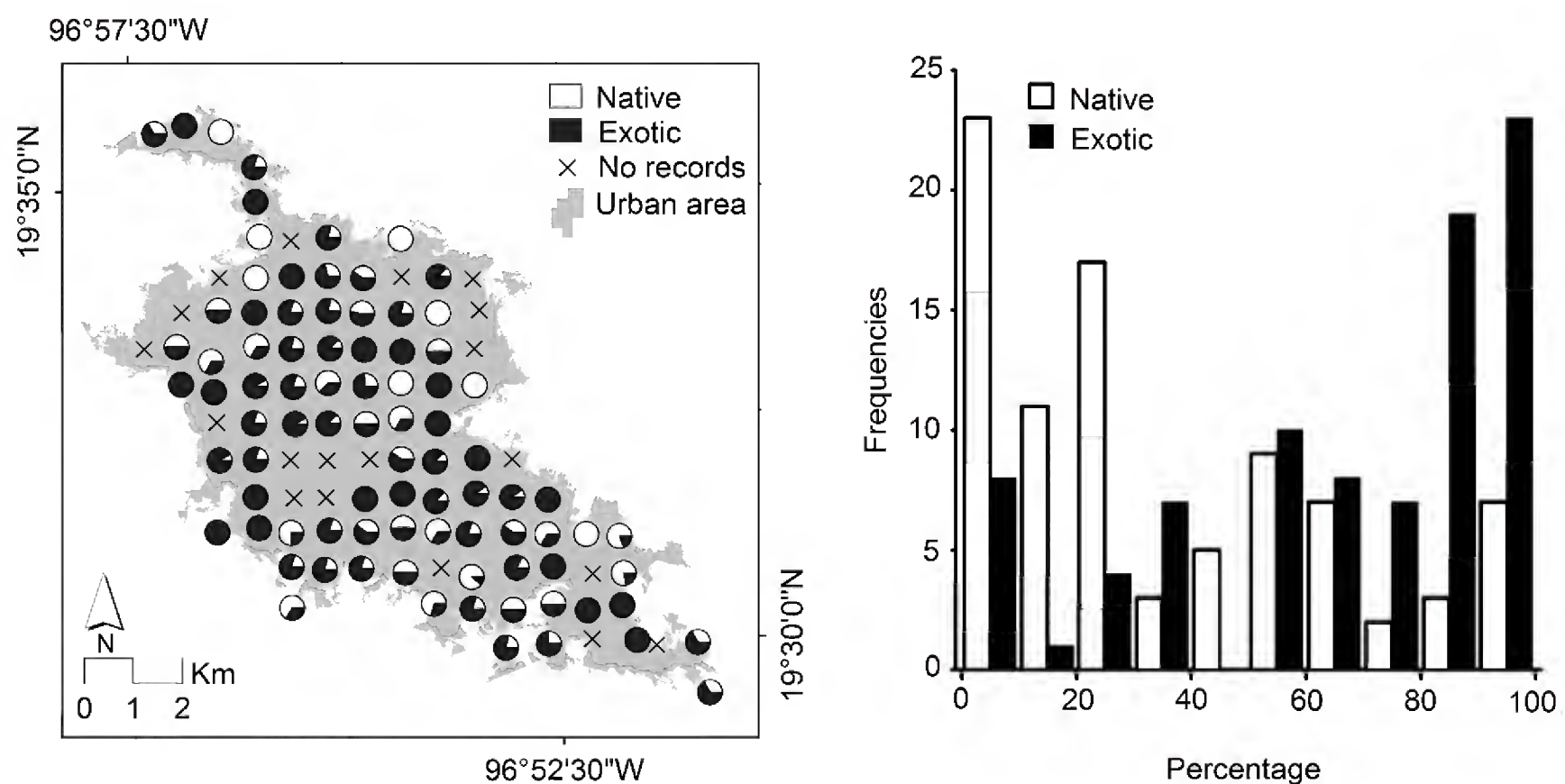


FIGURE 4. Distribution of the origin (native/exotic) of trees and shrubs recorded in the streetscape of Xalapa.

city of Xalapa in a highly biodiverse region did not prevent the replacement of its vegetation in the urbanization process, completely shifting its species composition (Castillo-Campos, 1991; Williams-Linera *et al.*, 2002).

Throughout the globe, street tree species richness varies among urban areas, with some medium-sized cities, as Toledo (Ohio, USA; ~ 225 km²) showing high values

(170 species; Subburayalu and Sydnor, 2012), while others, also larger than Xalapa (e.g., Bangalore, India: ~740 km²; Curitiba, Brazil: ~430 km²; Bangkok, Thailand: ~1570 km²) have fewer species (108, 122, 127, respectively; Thaiutsa *et al.*, 2008; Nagendra and Gopal, 2010; Bobrowski and Biondi, 2012) than those we report for Xalapa. Although comparing street tree richness of differ-



ent cities is complex due to the nature of the surveys, as well as the location of the cities, it is clear that Xalapa has a considerably high number of tree and shrub species richness along its streetscape. When we compared our results with previous studies focused on the urban vegetation of Xalapa, we noted 32 species that had not been previously reported for the city, of which half are native and half are exotic. It is notable that we recorded a higher number of species when compared to a study of vegetation in public spaces of Xalapa (102 tree species; Arias, 1983); nonetheless, the number of species reported in greenspaces of Xalapa is higher (187 tree and shrub species; Capitanachi and Amante, 1995; ~185 woody species; García-Campos, 1993). These comparisons show the kind of results that city-wide surveys can provide, often underestimating species from urban greenspaces, which are often unevenly distributed throughout cities (also recorded for other wildlife groups; Nilon *et al.*, 2011).

Previous studies have suggested that urban tree and shrub species composition changes with time (López-Moreno and Díaz-Betancourt, 1991; Dwyer *et al.*, 2000; Alanís, 2005). In Xalapa, this is the case of the exotic Weeping Fig (*F. benjamina*), by far the most frequent species of the streetscape of Xalapa (Fig. 2). This exotic species is not reported by Arias (1983), but is reported in the subsequent published literature of urban vegetation for the city. Regardless that this species has caused urban-related problems (e.g., urban sidewalks cracks) and has even been considered as inadequate for planting in urban areas (Conejo, 2011; Moro and Westerkamp, 2011; Vargas-Garzón and Molina-Prieto, 2012), the Weeping Fig has been extensively planted throughout the country since the mid-1990s (Vargas-Garzón and Molina-Prieto, 2012), becoming a dominant urban tree in many cities.

As expected, we recorded a high proportion exotic species. This is consistent with previous studies that have found important number of exotic species dominating urban streetscapes (e.g., 62.8%: López-Moreno and Díaz-Betancourt, 1991; 56%: Kuruneri-Chitepo and Shackleton, 2011; 61.8%: Ortega-Álvarez *et al.*, 2011; $\geq 50\%$: Sjöman *et al.*, 2012; 48.3%: Wang *et al.*, 2012). The high proportion

of exotics in Xalapa is due to the import of plant species from other parts of Mexico and the rest of the world for several reasons (e.g., ornamental, edibility, erosion control; Castillo-Campos, 1991; Eldredge, 2002; Verhoef and Morin, 2010). High tree and shrub species richness recorded in the streetscape of Xalapa is heavily biased by the introduction of exotic species, pattern that has been recorded in cities from around the globe (McKinney, 2008).

Regarding the spatial distribution of the studied tree and shrub species, it was not surprising to find an unequal distribution of species richness values across the city; such pattern has been reported for other urban areas from around the world (Landry and Chakraborty, 2009; Kuruneri-Chitepo and Shackleton, 2011; Kendal *et al.*, 2012). The unequal distribution of greenspaces and woody vegetation across Xalapa has been reported previously by García-Campos (1993) and Lemoine (2012), but to our knowledge, there are no previous studies that report the unequal spatial distribution of woody plant species richness along its streetscapes. Nevertheless, further studies are needed to identify the processes behind this pattern, exploring which variables could be associated with this particular spatial configuration of species richness in Xalapa.

Our results, mainly the unequal distribution of tree and shrub species richness across the streetscape of Xalapa, as well as the high proportion of recorded exotics should be considered carefully, as they have been associated to the irregular distribution of the benefits that vegetation can provide to citizens (Garzón *et al.*, 2004; Escobedo and Nowak, 2009; McConnachie and Shackleton, 2010; Cohen *et al.*, 2012; Kendal *et al.*, 2012). Also, the high proportion of exotic species needs to be considered due to the potential negative effects of such species, including a vast array of detrimental effects that have been documented on local, and even regional, ecological processes (Vitousek *et al.*, 1997; Schmidt and Whelan, 1999; Richardson *et al.*, 2000; McKinney, 2004).

ACKNOWLEDGMENTS

We are most grateful to Nihai Flores Galicia for his assistance in the field and with the identification of several

specimens, to Susana Valencia Ávalos for her kind support with the identification of several *Quercus* species, and to Gonzalo Castillo Campos for the identification of some specimens and sharing his expertise regarding the identity and origin of the recorded trees and shrubs. We also thank Leila García, Montserrat Solano, Diego Osorio, Dalia Luna, and Ángel Rueda for their assistance in the field. This study was partially funded by the project “Patrones ecológicos y percepción social de la diversidad biológica que habita en la ciudad de Xalapa: Un enfoque multidisciplinario”. Ina Falfán acknowledges the scholarship and financial support provided by the National Council of Science and Technology (Conacyt 344590), and the Doctoral Program of the Instituto de Ecología, A.C. (Inecol).

REFERENCES

- Alanís F., G.J. 2005. El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL* 8(1):20–32.
- Alberti, M., J.M. Marzluff, E. Shulenberger, G. Bradley, C. Ryan and C. Zumbrunnen. 2003. Integrating humans into ecology: Opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *BioScience* 53(12):1169–1179.
- Alcalá, J., M. Sosa, M. Moreno, J. Ortega, C. Quintana and C. Holguin. 2008. Especies arbóreas evaluadas como bioacumuladoras de azufre en la ciudad de Chihuahua, México. *Ecología Aplicada* 7(1-2):17–21.
- Antonini, Y., R.P. Martins, L.M. Aguiar and R.D. Loyola. 2013. Richness, composition and trophic niche of stingless bee assemblages in urban forest remnants. *Urban Ecosystems* 16(3):527–541.
- Ardila, J.P., W. Bijker, V.A. Tolpekin and A. Stein. 2012. Context-sensitive extraction of tree crown objects in urban areas using VHR satellite images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 15(1): 57–69.
- Arias H., P.F. 1983. Los árboles de la zona urbana y suburbana de Xalapa. Bachelors’s thesis. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 111 p.
- Aronson, M.F.J., F.A. La Sorte, C.H. Nilon, M. Katti, M.A. Goddard, C.A. Lepczyk, P.S. Warren, N.S.G. Williams, S. Cilliers, B. Clarkson, C. Dobbs, R. Dolan, M. Hedblom, S. Klotz, J.L. Kooijmans, I. Kuhn, I. MacGregor-Fors, M. McDonnell, U. Mortberg, P. Pysek, S. Siebert, J. Sushinsky, P. Werner and M. Winter. 2014. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281(1780): 1-8.
- Benítez B., G., M.T. Pulido Salas and M. Equihua Z. 2004. Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. 288 p.
- Berkowitz, A.R., C.H. Nilon and K.S. Hollweg, eds. 2003. Understanding urban ecosystems. A new frontier for science and education. Springer. New York. 523 p.
- Berry, B.J.L. 2008. Urbanization. In: J. Marzluff, E. Shulenberger, W. Endlicher, G. Bradley, C. Ryan, C. Zumbrunnen and U. Simon, eds. Urban ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature. Springer. New York. p:25–48.
- Bobrowski, R. and D. Biondi. 2012. Distribuição e dinâmica da área de copa na arborização de ruas de Curitiba, Paraná, Brasil, no período de 1984-2010. *Revista Árvore, Viçosa* 36(4):625–635.
- Calderón R., G. and J. Rzedowski. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C., Conabio. Pátzcuaro, Michoacán. 1406 p.
- Camacho-Cervantes, M., J.E. Schondube, A. Castillo and I. MacGregor-Fors. 2014. How do people perceive urban trees? Assessing likes and dislikes in relation to the trees of a city. *Urban Ecosystems* 17(3):761–773.
- Capitanachi M., C. and H.S. Amante. 1995. Las áreas verdes urbanas en Xalapa, Veracruz. Catálogo de flora urbana. Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. 524 p.
- Capitanachi M., C., E.M. Utrera B. and C.B. Smith. 2001. Unidades ambientales urbanas: Bases metodológicas para la comprensión integrada del paisaje urbano. Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C., Sistema de Investigación del Golfo de México (Conacyt), Xalapa, Veracruz. 276 p.
- Castillo-Campos, G. 1991. Vegetación y flora del municipio de Xalapa, Veracruz. Instituto de Ecología, A.C., MAB



- Unesco, H. Ayuntamiento de Xalapa, Veracruz. Xalapa, Veracruz. 148 p.
- Chacalo H., A. and V. Corona N.E.. 2009. Árboles y arbustos para ciudades. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F. 599 p.
- Cohen, M., R. Baudoin, M. Palibrk, N. Persyn and C. Rhein. 2012. Urban biodiversity and social inequalities in built-up cities: New evidences, next questions. The example of Paris, France. *Landscape and Urban Planning* 106(3):277–287.
- Conejo G., M. 2011. Análisis de la relación entre las características de los árboles y el daño que causan sobre las banquetas y camellones de la ciudad de Morelia, Michoacán, México. Bachelor's thesis. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 38 p.
- Cruz C., R. 1989. Necesidad de una adecuación del arbolado urbano del Área Metropolitana de la Ciudad de México. In: R. Gío-Argáez, I. Hernández-Ruíz and E. Sáinz-Hernández, eds. Ecología Urbana. Conacyt–SGDSDDF–Sesic–SEP–UNAM–Secretaría de Desarrollo Urbano, Ecología –UAM. México, D.F. p:67–70.
- Czech, B. and P.R. Krausman. 1997. Distribution and causation of species endangerment in the United States. *Science* 277(5329):1116–1117.
- Czech, B., P.R. Krausman and P.K. Devers. 2000. Economic associations among causes of species endangerment in the United States. *BioScience* 50(7):593–601.
- Davies, Z.G., J.L. Edmondson, A. Heinemeyer, J.R. Leake and K.J. Gaston. 2011. Mapping an urban ecosystem service: Quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale: Urban above-ground carbon storage. *Journal of Applied Ecology* 48(5):1125–1134.
- Díaz-Betancourt, M.E. and I.R. López-Moreno. 1993. Las plantas de los jardines privados de Xalapa: Un análisis preliminar. In: I.R. López-Moreno, ed. Ecología urbana aplicada a la ciudad de Xalapa. Instituto de Ecología, A.C., MAB Unesco, H. Ayuntamiento de Xalapa, Veracruz. Xalapa, Veracruz. p: 133–163.
- Díaz-Betancourt, M.E., I.R. López-Moreno and E.H. Rapoport. 1987. Vegetación y ambiente urbano en la ciudad de México. Las plantas de los jardines privados. In: E.H. Rapoport and I.R. López-Moreno, eds. Aportes a la ecología urbana de la ciudad de México. Limusa. México, D.F. p:13–72.
- Dwyer, J.F., D.J. Nowak, M.H. Noble and S.M. Sisinni. 2000. Connecting people with ecosystems in the 21st century. An assessment of our nation's urban forests (Gen. Tech. Rep No. PNW-GTR-490). Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland, Oregon. 483 p.
- Dwyer, J.F., E.G. McPherson, H.W. Schroeder and R.A. Rowntree. 1992. Assessing the benefits and costs of the urban forest. *Journal of Arboriculture* 18(5):227–234.
- Eldredge, N., ed. 2002. Life on earth: an encyclopedia of biodiversity, ecology, and evolution. ABC-CLIO. Santa Barbara, California. 793 p.
- Escobedo, F.J. and D.J. Nowak. 2009. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landscape and Urban Planning* 90(3-4):102–110.
- García-Campos, H.M. 1993. Las áreas verdes públicas de Xalapa. In: I.R. López-Moreno, ed. Ecología urbana aplicada a la ciudad de Xalapa. Instituto de Ecología, A.C., MAB Unesco, H. Ayuntamiento de Xalapa, Veracruz. Xalapa, Veracruz. p:99–132.
- Garzón, B., N. Brañes, M.L. Abella and A. Auad. 2004. Vegetación urbana y Hábitat Popular: el caso de San Miguel de Tucumán. *Revista INVI* 18(49): 21–42.
- Grimm, N.B., S.H. Faeth, N.E. Golubiewski, C.L. Redman, J. Wu, X. Bai and J.M. Briggs. 2008. Global change and the ecology of cities. *Science* 319(5864):756–760.
- Hope, D., C. Gries, D. Casagrande, C.L. Redman, N.B. Grimm and C. Martin. 2006. Drivers of spatial variation in plant diversity across the Central Arizona-Phoenix ecosystem. *Society and Natural Resources* 19(2):101–116.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos-Xalapa, Veracruz de Ignacio de la Llave-Clave geoestadística 30087. Inegi. 9 p.
- Jim, C.Y. 1988. Street tree study as a theme in urban biogeography. *Geography* 73(3):226–232.

- Jørgensen, S.E. and B.D. Fath, eds. 2008. Encyclopedia of ecology. Elsevier B.V. Spain. 3834 p.
- Kendal, D., N.S.G. Williams and K.J.H. Williams. 2012. Drivers of diversity and tree cover in gardens, parks and streetscapes in an Australian city. *Urban Forestry & Urban Greening* 11(3):257–265.
- Konijnendijk, C.C. 2008. The forest and the city. The cultural landscape of urban woodland. Springer. New York. 245 p.
- Konijnendijk, C., K. Nilsson, T.B. Randrup and J. Schipperijn, eds. 2005. Urban forests and trees. A reference book. Springer. The Netherlands. 520 p.
- Kowarik, I. 2011. Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environmental Pollution* 159(8-9):1974–1983.
- Kuruner-Chitepo, C. and C.M. Shackleton, 2011. The distribution, abundance and composition of street trees in selected towns of the Eastern Cape, South Africa. *Urban Forestry & Urban Greening* 10(3):247–254.
- Landry, S.M. and J. Chakraborty. 2009. Street trees and equity: Evaluating the spatial distribution of an urban amenity. *Environment and Planning A* 41(11):2651–2670.
- Lemoine R., R. 2012. Cambios en la cobertura vegetal de la ciudad de Xalapa-Enríquez, Veracruz y zonas circundantes entre 1950 y 2010. Bachelor's thesis. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 44 p.
- Li, Y.Y., X.R. Wang and C.L. Huang. 2011. Key street tree species selection in urban areas. *African Journal of Agricultural Research* 6(15):3539–3550.
- Lintott, P.R., N. Bunnefeld, E. Fuentes-Montemayor, J. Minderman, L.M. Blackmore, D. Goulson and K.J. Park. 2014. Moth species richness, abundance and diversity in fragmented urban woodlands: Implications for conservation and management strategies. *Biodiversity and Conservation* 23(11):2875–2901.
- Lodge, D.M. and K. Shrader-Frechette. 2003. Nonindigenous species: ecological explanation, environmental ethics, and public policy. *Conservation Biology* 17(1):31–37.
- López-Falfán, I.S. 2008. Arbolado urbano en Mérida, Yucatán y su relación con aspectos socioeconómicos, culturales y de la estructura urbana de la ciudad. Master's thesis. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Mérida, Yucatán. 161 p.
- López-Moreno, I.R., ed. 1991. El arbolado urbano de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. UAM-Azcapotzalco, MAB-Unesco, INE A.C. México, D.F. 138 p.
- López-Moreno, I.R. and M.E. Díaz-Betancourt. 1989. La introducción de especies en la flora de la Ciudad de México. In: R. Gío-Argáez, I. Hernández-Ruíz and E. Sáinz-Hernández, eds. Ecología urbana. Conacyt–SGDSDDF–Sesic–SEP –UNAM–Secretaría de Desarrollo Urbano, Ecología–UAM. México, D.F. p:85–92.
- López-Moreno, I.R. and M.E. Díaz-Betancourt. 1991. Los árboles de las calles de la ciudad de México. In: I.R. López-Moreno, ed. El arbolado urbano de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. UAM-Azcapotzalco, MAB-Unesco, INE A.C. México, D.F. p:14–71.
- Luck, G.W., L.T. Smallbone and R. O'Brien. 2009. Socio-economics and vegetation change in urban ecosystems: Patterns in space and time. *Ecosystems* 12(4):604–620.
- MacGregor-Fors, I. 2010. How to measure the urban-wildland ecotone: Redefining “peri-urban” areas. *Ecological Research* 25(4):883–887.
- MacGregor-Fors, I. and R. Ortega-Álvarez, eds. 2013. Ecología urbana: Experiencias en América Latina. Available online: http://www1.inecol.edu.mx/libro_ecologia_urbana/. ISBN: 978-607-00-6869-0.
- MacGregor-Fors, I., S. Avendaño-Reyes, V.M. Bandala, S. Chacón-Zapata, M.H. Díaz-Toribio, F. González-García, F. Lorea-Hernández, J. Martínez-Gómez, E. Montes de Oca, L. Montoya, E. Pineda, L. Ramírez-Restrepo, E. Rivera-García, E. Utrera-Barrillas and F. Escobar. 2015. Multi-taxonomic diversity patterns in a neotropical green city: A rapid biological assessment. *Urban Ecosystems* 18:633–647.
- Manning, W. 2008. Plants in urban ecosystems: Essential role of urban forests in urban metabolism and succession toward sustainability. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 15(4):362–370.
- McCaffrey, R.E. and R.W. Mannan. 2012. How scale influences birds' responses to habitat features in urban residential areas. *Landscape and Urban Planning* 105(3):274–280.



- McConnachie, M.M. and C.M. Shackleton. 2010. Public green space inequality in small towns in South Africa. *Habitat International* 34(2):244–248.
- McKinney, M.L. 2004. Measuring floristic homogenization by non-native plants in North America. *Global Ecology and Biogeography* 13(1):47–53.
- McKinney, M.L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation* 127(3):247–260.
- McKinney, M.L. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 11(2):161–176.
- McPherson, E.G., D. Nowak, G. Heisler, S. Grimmond, C. Souch, R. Grant and R. Rowntree. 1997. Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. *Urban ecosystems* 1(1):49–61.
- Moro, M.F. and C. Westerkamp. 2011. The alien street trees of Fortaleza (NE Brazil): Qualitative observations and the inventory of two districts. *Ciência Florestal* 21(4):789–798.
- Nagendra, H. and D. Gopal. 2010. Street trees in Bangalore: Density, diversity, composition and distribution. *Urban Forestry & Urban Greening* 9(2):129–137.
- Niembro-Rocas, A. 1992. La flora de la ciudad de Campeche. Su origen, composición, distribución e importancia. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, Campeche. 75 p.
- Nilon, C.H., P.S. Warren and J. Wolf. 2011. Baltimore birdscape study: identifying habitat and land-cover variables for an urban bird-monitoring project. *Urban Habitats* 6(1). Available on line: http://www.urbanhabitats.org/v06n01/baltimore_full.html
- Orellana, R., L. Carrillo and V. Franco. 2003. Árboles recomendados para la ciudad de Mérida. La naturaleza como parte del contexto urbano. Jardín Botánico Regional, Ayuntamiento de Mérida, PNUD, FMAM, CICY. México. 70 p.
- Ortega-Álvarez, R. and I. MacGregor-Fors. 2011. Dusting-off the file: A review of knowledge on urban ornithology in Latin America. *Landscape and Urban Planning* 101(1):1–10.
- Ortega-Álvarez, R., H.A. Rodríguez-Correa and I. MacGregor-Fors. 2011. Trees and the city: Diversity and composition along a neotropical gradient of urbanization. *International Journal of Ecology* 2011:1–8.
- Pauchard, A. and O. Barbosa. 2013. Regional assessment of Latin America: Rapid urban development and social economic inequity threaten biodiversity hotspots. In: T. Elmqvist, M. Fragkias, J. Goodness, B. Güneralp, P.J. Marcotullio, R.I. McDonald, S. Parnell, M. Schewenius, M. Sendstad, K.C. Seto and C. Wilkinson, eds. Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities. Springer. Dordrecht. p:588–608.
- Pennington, T. D. and J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a ed. Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 523 p.
- Pickett, S.T.A., M.L. Cadenasso, J.M. Grove, C.G. Boone, P.M. Groffman, E. Irwin, S.S. Kaushal, V. Marshall, B.P. McGrath, C.H. Nilon, R.V. Pouyat, K. Szlavecz, A. Troy and P. Warren. 2011. Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of progress. *Journal of Environmental Management* 92(3):331–362.
- R Development Core Team. 2012. R version 2.15.2. <http://www.R-project.org>.
- Ramage, B.S., L.A. Roman and J.S. Dukes. 2013. Relationships between urban tree communities and the biomes in which they reside. *Applied Vegetation Science* 16(1):8–20.
- Ramírez-Restrepo, L. and G. Halffter. 2013. Butterfly diversity in a regional urbanization mosaic in two Mexican cities. *Landscape and Urban Planning* 115(1):39–48.
- Richardson, D.M., P. Pyšek, M. Rejmánek, M.G. Barbour, F.D. Panetta and C.J. West. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6(2):93–107.
- Rowntree, R.A. 1984. Ecology of the urban forest - Introduction to part I. *Urban Ecology* 8(1):1–11.
- Ruiz-Montiel, C., V. Vázquez-Torres, M.J. Martínez-Hernández, L. Murrieta-Pérez and M.S. Perea-Hernández. 2014. Árboles y arbustos registrados en el Parque Ecológico Molino de San Roque. *Madera y Bosques* 20(2):143–152.

- Sánchez, X.M. and M.G. Peralta. 2013. Árboles de las áreas urbanas y suburbanas de Morelia, Michoacán, México. *Biológicas* 9(1):12–22.
- Schmidt, K.A. and C.J. Whelan. 1999. Effects of exotic *Lonicera* and *Rhamnus* on songbird nest predation. *Conservation Biology* 13(6):1502–1506.
- Sjöman, H., J. Östberg, and O. Bühler. 2012. Diversity and distribution of the urban tree population in ten major Nordic cities. *Urban Forestry & Urban Greening* 11(1):31–39.
- Sosa, V. and J.S. Flores. 1993. La flora ornamental de Mérida. Ayuntamiento de Mérida. Mérida, Yucatán. 265 p.
- Soto E., M. and C.M. Gómez. 1993. Consideraciones climáticas de la ciudad de Xalapa. In: I.R. López-Moreno, ed. Ecología urbana aplicada a la ciudad de Xalapa. Instituto de Ecología, A.C., MAB Unesco, H. Ayuntamiento de Xalapa, Veracruz. Xalapa, Veracruz. p:81–98.
- Subburayalu, S. and T.D. Sydnor. 2012. Assessing street tree diversity in four Ohio communities using the weighted Simpson index. *Landscape and Urban Planning* 106(1):44–50.
- SCDEPEV (Subcomisión de Conservación y Desarrollo del Espacio Público del Estado de Veracruz). 2010. Conservación y desarrollo sostenible del patrimonio arbóreo de la ciudad de Xalapa: Principales parques, avenidas, calles, campus universitarios, jardines institucionales y entorno al “Sistema de los Lagos y el Dique universitarios” (Inventario arbóreo georeferenciado en CD). Xalapa, Veracruz.
- Thaiutsa, B., L. Puangchit, R. Kjellgren and W. Arunpraparut. 2008. Urban green space, street tree and heritage large tree assessment in Bangkok, Thailand. *Urban Forestry & Urban Greening* 7(3):219–229.
- Turner, W.R. 2003. Citywide biological monitoring as a tool for ecology and conservation in urban landscapes: The case of the Tucson Bird Count. *Landscape and Urban Planning* 65(3):149–166.
- Tyrväinen, L., S. Pauleit, K. Seeland and S. de Vries. 2005. Benefits and uses of urban forests and trees. In: C. Konijnendijk, K. Nilsson, T.B. Randrup and J. Schipperijn, eds. Urban forests and trees. A reference book. Springer. The Netherlands. p:81–114.
- United Nations, 2014. World urbanization prospects: the 2014 revision. Highlights. UN. New York. 32 p.
- Vargas-Garzón, B. and L.F. Molina-Prieto. 2012. *Ficus benjamina* L. in the cities: High number of individuals, severe damages to infrastructure and expensive economic losses. *Nodo: Arquitectura. Ciudad. Medio Ambiente* 7(13):93–101.
- Vázquez T., M. 2007. Los árboles cultivados de Veracruz. Secretaría de Educación de Veracruz, Instituto Veracruzano de la Cultura, Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 279 p.
- Verhoef, H.A. and P.J. Morin, eds. 2010. Community ecology: process, models and applications. Oxford University Press. Oxford. 247 p.
- Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco and J.M. Melillo. 1997. Human domination of Earth’s ecosystems. *Science* 277(5325):494–499.
- Vlahov, D. and S. Galea. 2002. Urbanization, urbanicity, and health. *Journal of Urban Health* 79(4):1–12.
- Wang, H.F., I. MacGregor-Fors and J. López-Pujol. 2012. Warm-temperate, immense, and sprawling: Plant diversity drivers in urban Beijing, China. *Plant Ecology* 213(6): 967–992.
- Williams-Linera, G., R.H.Manson and E. Isunza-Vera. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 8(1):73–89.
- Yang, J., J. Zhou, Y. Ke and J. Xiao. 2012. Assessing the structure and stability of street trees in Lhasa, China. *Urban Forestry & Urban Greening* 11(4):432–438.
- Zipperer, W.C., S.M. Sisinni, R.V. Pouyat and T.W. Foresman. 1997. Urban tree cover: An ecological perspective. *Urban Ecosystems* 1(4):229–246.

Manuscrito recibido el 30 de abril de 2015.
Aceptado el 15 de diciembre de 2015.

Este documento se debe citar como:
Falfán, I. and MacGregor-Fors, I. 2016. Woody neotropical streetscapes: a case study of tree and shrub species richness and composition in Xalapa. *Madera y Bosques* 22(1):95–110.



Reconstrucción de la precipitación estacional con anillos de crecimiento para la región hidrológica Presidio-San Pedro

Reconstruction of seasonal precipitation with growth-rings in the hydrological region Presidio San Pedro

Beatriz Díaz-Ramírez¹, José Villanueva-Díaz^{2*} y Julián Cerano-Paredes²

¹ Instituto tecnológico del Salto. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México. ² Inifap Cenid Raspa. Gómez Palacio, Durango, México. * Autor de correspondencia. villanueva.jose@inifap.gob.mx
beatrizdiaz_2@hotmail.com

RESUMEN

La cuenca alta de la región hidrológica Presidio San Pedro genera el agua de uno de los afluentes de Marismas Nacionales en el área limítrofe entre los estados de Sinaloa y Nayarit. En esta cuenca *Pinus durangensis* es una conífera dominante, pero debido a su explotación intensiva quedan pocos rodales remanentes sin disturbio. Para analizar el potencial dendrocronológico de la especie, se colectaron núcleos de crecimiento de 63 árboles, que se procesaron con técnicas dendrocronológicas convencionales. La inter-correlación ente series (0.463), sensibilidad media (0.309), autocorrelación de primer orden (0.41) y relación señal-ruido (5.24), entre otros parámetros estadísticos indicaron excelente potencial de la especie para estudios dendrocronológicos. Se generaron series de tiempo de madera temprana, tardía y de anillo total que se extendió de 1780 a 2012 (232 años). Los índices de madera temprana, respondieron a la precipitación acumulada promedio del período enero-agosto, procedente de cuatro estaciones climáticas circunvecinas al sitio, por lo que se generó un modelo lineal, para una reconstrucción de lluvia invierno a inicios de verano. La variabilidad hidroclimática detectada fue similar a otras desarrolladas previamente para la región hidrológica Presidio San Pedro, donde El Niño Oscilación del Sur (ENSO) es el fenómeno circulatorio que determina la variación interanual y multianual en la precipitación invernal. No se encontró una relación significativa entre la precipitación de verano y los índices de madera tardía, lo que supone poca variación interanual del Monzón de Norteamérica, no obstante ser causante de 70% de la precipitación anual en esta región hidrológica.

PALABRAS CLAVE: dendrocronología, Durango, El Niño, ENSO, La Niña, México, reconstrucción climática, *Pinus durangensis*.

ABSTRACT

The Presidio San Pedro basin yields the water of one the main streams draining to Marismas Nacionales in the states of Sinaloa and Nayarit. A dominant conifer species on this watershed is *Pinus durangensis* a heavily logged species such that old-growth forest has disappeared. Increment cores from 63 trees of *P. durangensis* in a low disturbed site were extracted to analyze its dendrochronological potential. The samples were processed by standard dendrochronological techniques. Series intercorrelation (0.463), mean sensitivity (0.309), first order autocorrelation (0.41), and signal to- noise ratio (5.24) among other parameters indicated excellent potential of the species for dendrochronological purposes. Time series of earlywood, latewood and total ring width were developed with a length of 232 years (1780-2012). The earlywood chronology responded to the accumulated January-August precipitation from four weather stations in the watershed and a linear regression model was used to reconstruct seasonal winter to early summer precipitation. Similar to other previous climatic reconstructions for the Presidio San Pedro basin, ENSO was the most influential phenomena on explaining the interannual and multiannual variability. It was not found a significant relationship between latewood indices and summer precipitation indicating low inter-annual variability of the North American Monsoon System, even though this phenomenon causes over 70% of the annual precipitation on this region.

KEYWORDS: dendrochronology, Durango, El Niño, ENSO, La Niña, Mexico, climate reconstruction, *Pinus durangensis*.

INTRODUCCIÓN

El entendimiento de la variabilidad del clima resulta de gran relevancia en este tiempo, en el que todo indica que las acciones del ser humano han modificado en cierto grado la variación climática natural. El incremento en la concentración de bióxido de carbono y otros gases efecto invernadero, e incremento en la temperatura mínima provocada por acciones de la deforestación, quemas de combustibles fósiles y de otros cambios en el uso del suelo, ha favorecido una mayor frecuencia de eventos hidrológicos extremos, incendios, presencia de plagas, enfermedades, entre otros efectos negativos en el ecosistema (IPCC, 2014). Discernir entre si los cambios actuales son causa de la variación climática natural o es efecto de calentamiento global, demanda de información climática histórica, muchas veces inexistente por carecer de registros climáticos instrumentales o bien cuando existen, pueden ser poco confiables o estar incompletos, situación que hace su uso muy limitado. Esta situación tiene cierta justificación, si se considera la extensión territorial de México cercana a los dos millones de kilómetros cuadrados, su orografía, el costo que implica el mantenimiento del equipo y la toma y procesamiento de datos. La modernización continua de equipo en término de automatización y el uso de tecnología satelital ha permitido mejorar la información climatológica en la última década, situación deseable para un mejor monitoreo de la variabilidad climática (Comisión Nacional del Agua, 2012).

Ante esta situación, el uso de datos climáticos indirectos, procedentes de fuentes “*proxy*”, constituyen una fuente de información histórica del clima (Bradley, 1999). Estudios dendrocronológicos resultan de gran relevancia para realizar reconstrucciones paleoclimáticas, ya que son de alta resolución y permiten analizar las fluctuaciones interanuales y multianuales del clima pasado (Fritts, 1976). En el norte de México, desde hace más de una década se viene desarrollando una red dendrocronológica, la cual se ha fundamentado en diversas especies de coníferas con dominancia de *Pseudotsuga menziesii* y de *Taxodium mucronatum* (Villanueva *et al.*, 2011). Esta red, si bien está integrada por más de 150 cronologías, requiere

la inclusión de nuevas especies, que permitan captar con mayor nitidez, el impacto de fenómenos climáticos, que determinan la variabilidad interanual y multianual del clima en esta región.

El *Pinus durangensis* es una de las coníferas de mayor distribución en la Sierra Madre Occidental, en particular en su extremo sur, que comprende los estados de Durango, Chihuahua, Zacatecas y norte de Jalisco (Farjon *et al.*, 1997). La amplia distribución de esta especie en el estado de Durango, aunada a la formación de un fuste recto, color y suavidad de su madera, la hacen una de las más explotadas (García y González, 2003), de tal suerte, que son pocos los sitios de bosques coníferas en la Sierra Madre Occidental, en los que aún se pueden ubicar ejemplares longevos, que puedan extender la información paleoclimática en el tiempo (Lammertink *et al.*, 1997).

La cuenca alta forestada de la cuenca Baluarte genera el agua que fluye por el cauce principal del río Baluarte y que desemboca en el área de Marismas Nacionales, un sitio de prioridad internacional para la conservación (De la Lanza *et al.*, 2012). La presencia de rodales puros o mezclados de *Pinus durangensis*, convierte a esta especie en un candidato idóneo para realizar estudios dendroclimáticos. Así mismo, esta característica permite analizar su potencial en estudios de esta naturaleza. Las características mencionadas anteriormente sobre la especie y los sitios propuestos determinan la posibilidad de proyectar los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

a) Determinar el potencial dendrocronológico de *Pinus durangensis*, una especie de alta importancia maderera en los estados de Durango y Chihuahua; b) con base en las series de crecimiento de anillo total, madera temprana y tardía, determinar la variabilidad climática de los últimos tres siglos, de cuencas que integran la región hidrológica Presidio San Pedro, que drenan hacia ecosistemas importantes de conservación en el Pacífico Mexicano y c) analizar las fluctuaciones hidrológicas en el tiempo y determinar el impacto de ENSO en la variabilidad interanual y multianual de la precipitación en la región hidrológica Presidio San Pedro.



MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el paraje Las Minitas, Pueblo Nuevo, Durango (Fig. 1). En este lugar, se ubicó un rodal de bosque mixto con dominancia de *Pinus durangensis*, en las coordenadas geográficas 23° 37' 3.5" latitud Norte y 105° 25' 38.3" longitud Oeste y a 2575 m de altitud.

El área de estudio se ubica en la región hidrológica 11 Presidio San Pedro, dentro de la cuenca Baluarte, que drena hacia el río Baluarte y que desemboca finalmente en la porción sur del estado de Sinaloa, coordenadas 22° 49' 46.5" N, 106° 02' 5.0" O, en sus límites con el estado de Nayarit.

La geología del área está dominada por roca ígnea extrusiva tipo ácida y, morfológicamente, los suelos

dominantes son del tipo Regosol eútrico, con suelos secundarios Cambisol eútrico y Feózem háplico, de textura media (Re+Be+Hh/2L). El clima es semicálido subhúmedo (A)C(w₂), que se caracteriza por poseer una temperatura media anual mayor a 18 °C, temperatura del mes más caliente mayor a 22 °C; precipitación del mes más seco menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor a 55 y porcentaje de lluvia invernal de 5.0% a 10.2% del total anual (Inegi, 2009). El sitio de muestreo se ubica en una ladera con un grado de pendiente de 20° a 30°. La vegetación del sitio no ha sido aprovechada en el pasado y está dominada por un bosque de coníferas de *Pinus durangensis*, asociado a *Pinus cooperi* y *Pinus arizonica*, así como *Quercus sideroxyla*, *Q. rugosa* y *Arbutus arizonica* (García y González, 2003).

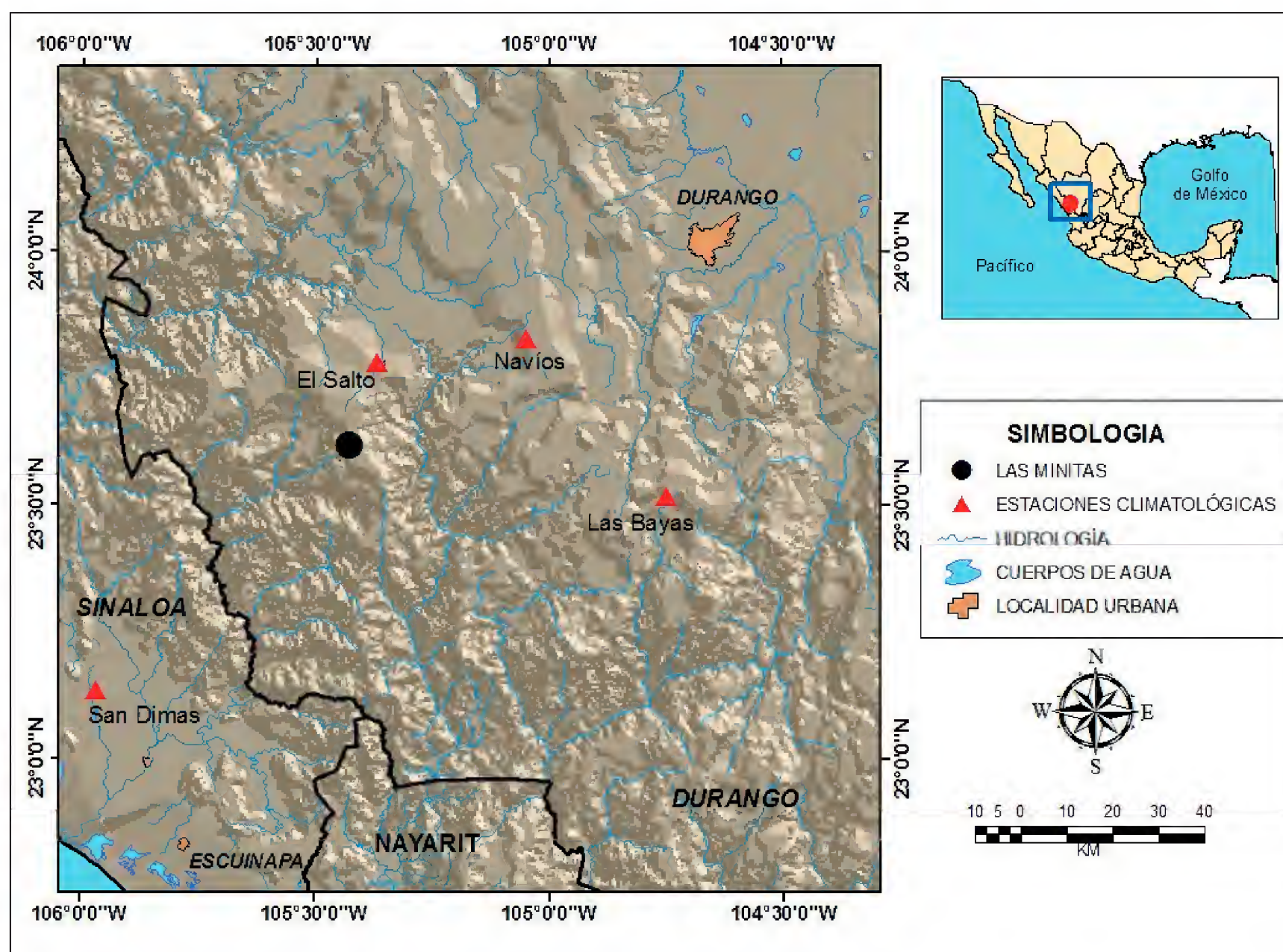


FIGURA 1. Ubicación geográfica del área de estudio, indicada por un círculo y las estaciones climáticas (triángulos) de las que se obtuvieron los datos meteorológicos para el análisis dendroclimático.

Muestreo y especie en estudio

Pinus durangensis es una especie presente en bosque mixto de pino o de pino-encino en el noreste de la Sierra Madre Occidental. La especie se caracteriza por poseer agujas en fascículos de 4 a 8, aunque dominan de 6 (Farjon *et al.*, 1997). Presenta alturas entre 15 m y 40 m con diámetros de fuste a la altura del pecho de 0.5 m a 1.5 m; la copa es redonda en árboles maduros y su madera es suave, de coloración amarilla y de excelente calidad (García y González, 2003); alcanza una producción de madera en rollo hasta de 8 m³ en sitios de Chihuahua y Durango (Armendariz *et al.*, 2003).

Se seleccionaron árboles con el menor disturbio posible en la estructura del rodal y se tomaron muestras (virutas, núcleos de crecimiento) con taladros de incremento de los árboles seleccionados. Se colectó un total de 63 árboles de *Pinus durangensis*. Las muestras fueron registradas y procesadas en Laboratorio de Dendrocronología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap) en Gómez Palacio, Durango. Para el proceso de montaje, se utilizaron soportes de madera. Posteriormente, se pulieron con lijas en una secuencia de granos ascendentes de grueso a fino (120-400) hasta lograr una visualización de los elementos leñosos más relevantes. Una vez definido el límite entre anillos, se procedió al fechado y cofechado siguiendo las técnicas de Stokes y Smiley (1968).

La observación de los anillos de crecimiento se realizó a través de un estereoscopio con resolución 10X, modelo SZ2-ILSI, marca Olympus Corporation. La medición de las bandas de crecimiento, se realizó con un sistema de medición VELMEX conectado a un PC y con una precisión de 0.001 mm (Robinson y Evans, 1980). El control de calidad del fechado, se verificó mediante el programa que compara la correlación entre un conjunto de series en segmentos de 50 años, con traslapes entre secciones de 25 años (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001). Este procedimiento permitió asegurar el fechado de cada crecimiento al año exacto de su formación. Los factores no relacionados con clima, se removieron al insertar a las series de medición diversas funciones de ajuste como

exponencial negativa, rectas de regresión y curvas suavizadas. Este ajuste generó series estandarizadas de índice de crecimiento (anillo total, madera temprana y tardía) con una media próxima al valor de 1.0 (Fritts, 1976; Cook, 1987).

El potencial dendrocronológico de la especie, se analizó en función de diversos parámetros derivados de los programas COFECHA y ARSTAN como son intercorrelación entre series, que mide la intensidad de la señal común entre los árboles muestreados en un sitio; sensibilidad media, que es una medida del cambio relativo en grosor de los anillos en relación con el año previo en una serie de crecimiento; autocorrelación de primer orden, que determina la influencia del crecimiento del año previo en el grosor del anillo del año actual. Otras variables consideradas fueron el número de anillos perdidos y problemas con anillos falsos o dobles (Grissino-Mayer, 2001).

Para determinar la influencia del clima sobre el crecimiento del *Pinus durangensis*, se ubicaron las estaciones meteorológicas más próximas al sitio de muestreo. En este caso, específicamente se utilizó ERICHI (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2006). La relación entre las cronologías y la variabilidad de la precipitación, se obtuvo mediante análisis de correlación con datos de las estaciones meteorológicas El Salto, Las Bayas, Navios y San Dimas (Tabla 1). Esta comparación se realizó empleando la sumatoria de la precipitación mensual del año corriente y previo a la formación de los anillos; de esta manera, se definió el período de mayor correlación, al cual se le atribuye como período de crecimiento previo corriente de crecimiento.

La relación entre las versiones de las cronologías con datos de precipitación, se obtuvo mediante análisis de correlación con datos acumulados de precipitación mensual previo a la formación del anillo anual y durante el año de crecimiento. De esta manera, se definió el período, en el cual estadísticamente se encontró la mayor correlación.

Para el proceso de reconstrucción, los registros de precipitación se analizaron mediante el proceso de calibración-verificación utilizando la subrutina Verify incluida en la Librería de Programas Dendrocronológicos de la Universidad de Arizona (DPL). En este proceso, la



TABLA 1. Estaciones consideradas para la reconstrucción de la precipitación estacional en el periodo enero-agosto (1968-2001).

<i>Estación Meteorológica</i>	<i>Latitud (Grados)</i>	<i>Longitud (Grados)</i>	<i>Altitud (m)</i>	<i>Período de registro (años)</i>
El Salto	23.78	-105.37	2560	1968-2001
Las Bayas	23.55	-105.40	2600	1968-2001
Navios	23.83	-105.05	2492	1958-2001
San Dimas	23.13	-105.97	2350	1968-2001

mitad de los registros disponibles se utilizó para calibración, mientras que la mitad restante para verificación, si ambos sub-períodos eran significativos en término de pasar diversas pruebas estadísticas como prueba de “t”, reducción del error, prueba de signos, primera diferencia mínima y correlación, entonces se utilizó el período total de datos disponibles para generar la ecuación de regresión utilizada para la reconstrucción de los datos de precipitación estacional (Fritts, 1991).

Los datos reconstruidos se verificaron con reconstrucciones dendroclimáticas ya existentes y con archivos históricos disponibles, que registraron efectos económicos y sociales producidos por la incidencia de períodos secos en esta zona. Para analizar el impacto de la variabilidad climática detectada en la reconstrucción, los índices de madera temprana de la versión residual, se compararon con datos registrados y reconstruidos del Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés), ya que este fenómeno tiene un alto impacto en la variabilidad de la precipitación invernal en el norte de México (Stahle *et al.*, 1998; Díaz *et al.*, 2002; Cleaveland *et al.*, 2003; Magaña, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De una población de 63 árboles muestreados y 103 núcleos de crecimiento disponibles, se fecharon 88 radios (85% de la muestra total). El restante 15% fue descartado por presentar problemas de crecimiento. Algunos parámetros dendrocronológicos derivados de los programas COFECHA y ARSTAN indicaron que los árboles de esta especie tiene alto potencial dendrocronológico, como lo indica la inter-

correlación entre series de 0.463, sensibilidad media de 0.309, autocorrelación de primer orden (0.41) y relación señal-ruido de 5.24 (Fritts, 1976; Grissino-Mayer, 2001). Los valores de estos parámetros, no son menores a los generados para diversas especies de coníferas presentes en la Sierra Madre Occidental y en consecuencia no limitan la reconstrucción potencial de variables climáticas (Grissino-Mayer, 2001; Villanueva *et al.*, 2008; Constante *et al.*, 2010).

La serie dendrocronológica de anillo total se extendió de 1780 a 2012 (233 años de longitud) y, acorde con el número de muestras que intervinieron en el cálculo del valor del índice de cada año, el período más apropiado con fines de reconstrucción paleoclimática se extiende de 1840 a 2013, donde se presentan más de 5 radios y que se incrementa a más de 70 en los últimos 50 años de la cronología (Fig. 2). Este período fue determinado por el parámetro SSS (Subsample Signal Strenght, por sus siglas en inglés), que compara una cronología con un tamaño de muestra infinita, en relación con el comportamiento de la misma cronología con una muestra finita (Cook, 1987).

La desviación estándar del período de 1785 a 1840 (0.0186) y de 1841 a 2013 (0.019) indicó similitud en su variación interanual; adicionalmente, la presencia de series dendrocronológicas y estudios dendroclimáticos desarrollados previamente en cuencas vecinas de los estados de Chihuahua y Durango, permitió que se utilizara el período total de la cronología desarrollada con fines de reconstrucción, ya que de esta manera, se pudo verificar la variabilidad hidroclimática del período soportado con un tamaño de muestra menor.

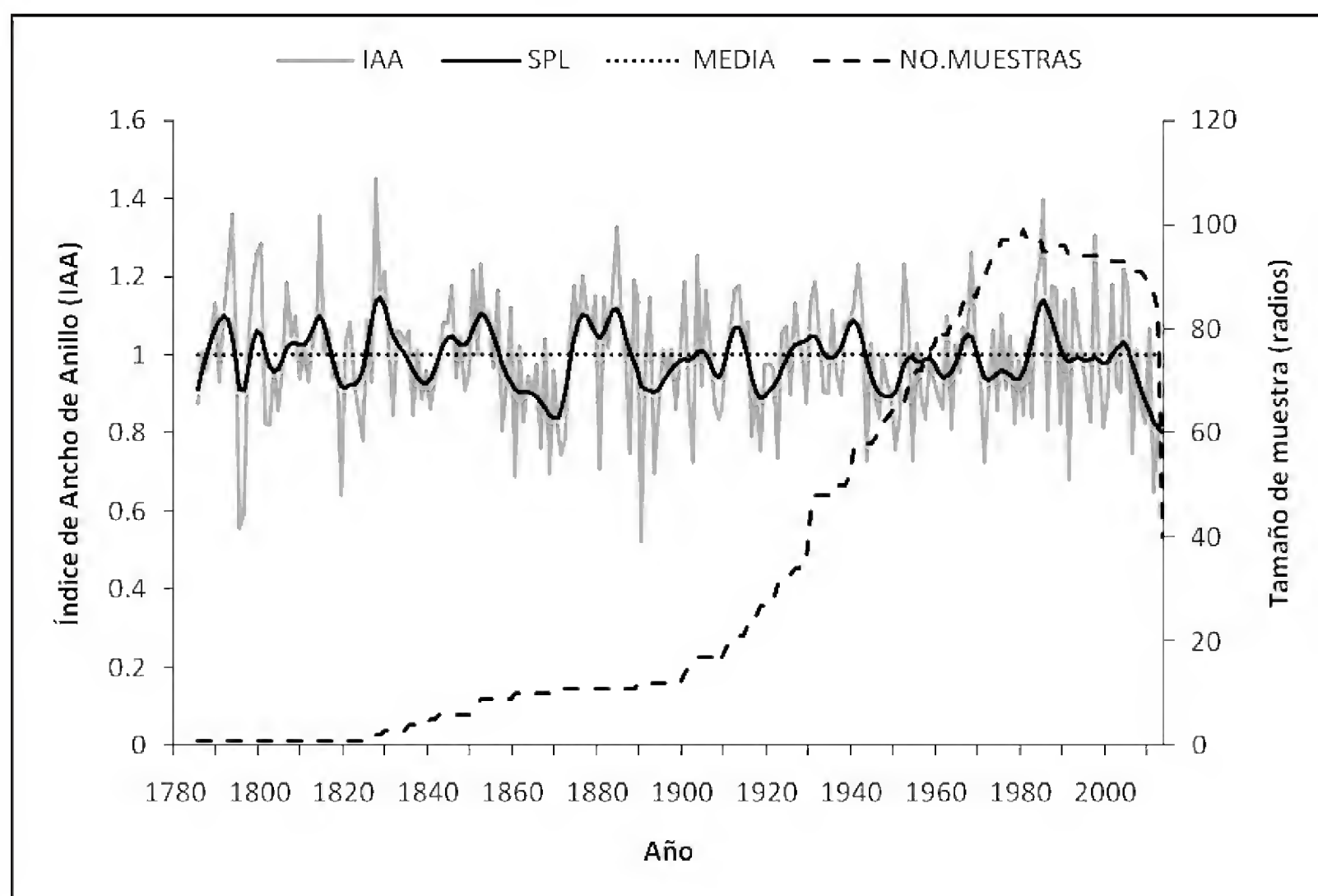


FIGURA 2. Serie dendrocronológica estándar de anillo total y tamaño de muestra empleado para generar la cronología con extensión de 1785-2012 (232 años).

Función de Respuesta

Los análisis de correlación entre la cronología y los datos climáticos de la región durante el intervalo de 1968 a 2001, indicaron que solo cuatro de las estaciones meteorológicas (El Salto, Las Bayas, Navíos y San Dimas) tuvieron una asociación positiva. Específicamente, la serie residual de madera temprana presentó una correlación significativa con los meses de enero a agosto del año corriente de crecimiento (Tabla 1).

Para definir la respuesta del crecimiento a las condiciones climáticas, se correlacionó la serie residual de madera temprana (EWI) con los registros de precipitación total del período 1968-2001; no obstante, la mejor correlación se obtuvo para el período 1968-1998 entre el EWI y la precipitación acumulada enero-agosto ($r = 0.72$, $p < 0.01$). Diferentes períodos estacionales de precipitación mostraron correlaciones positivas con el crecimiento de madera temprana; es decir, enero-abril ($r = 0.657$, $p < 0.01$), enero-mayo ($r = 0.654$, $p < 0.01$) y enero-agosto ($r = 0.72$,

$p < 0.01$); este último y por tener mayor correlación e incluir un mayor número de meses, se utilizó en la reconstrucción de precipitación (Fig. 3).

Reconstrucción de la precipitación

La relación entre la cronología residual de madera temprana y la precipitación enero-agosto período 1968-1998, produjo una correlación de 0.72 ($p < 0.01$), lo cual implica que los crecimientos de la madera temprana, explican 52% de la variación en la precipitación que ocurre en dicho período (Fig. 4).

Del programa Verify, se determinó que la prueba de calibración, realizada en la mitad de los registros de precipitación disponible (1968-1998), mostró una asociación significativa con la versión residual de la cronología EWI ($r = 0.70$, $p < 0.004$, $n = 15$, 1984-1998); una situación similar ocurrió con el período 1968-1983, utilizado con fines de verificación, donde la correlación también fue significativa ($r = 0.80$, $p < 0.0006$, $n = 15$). Los estándares estadísti-

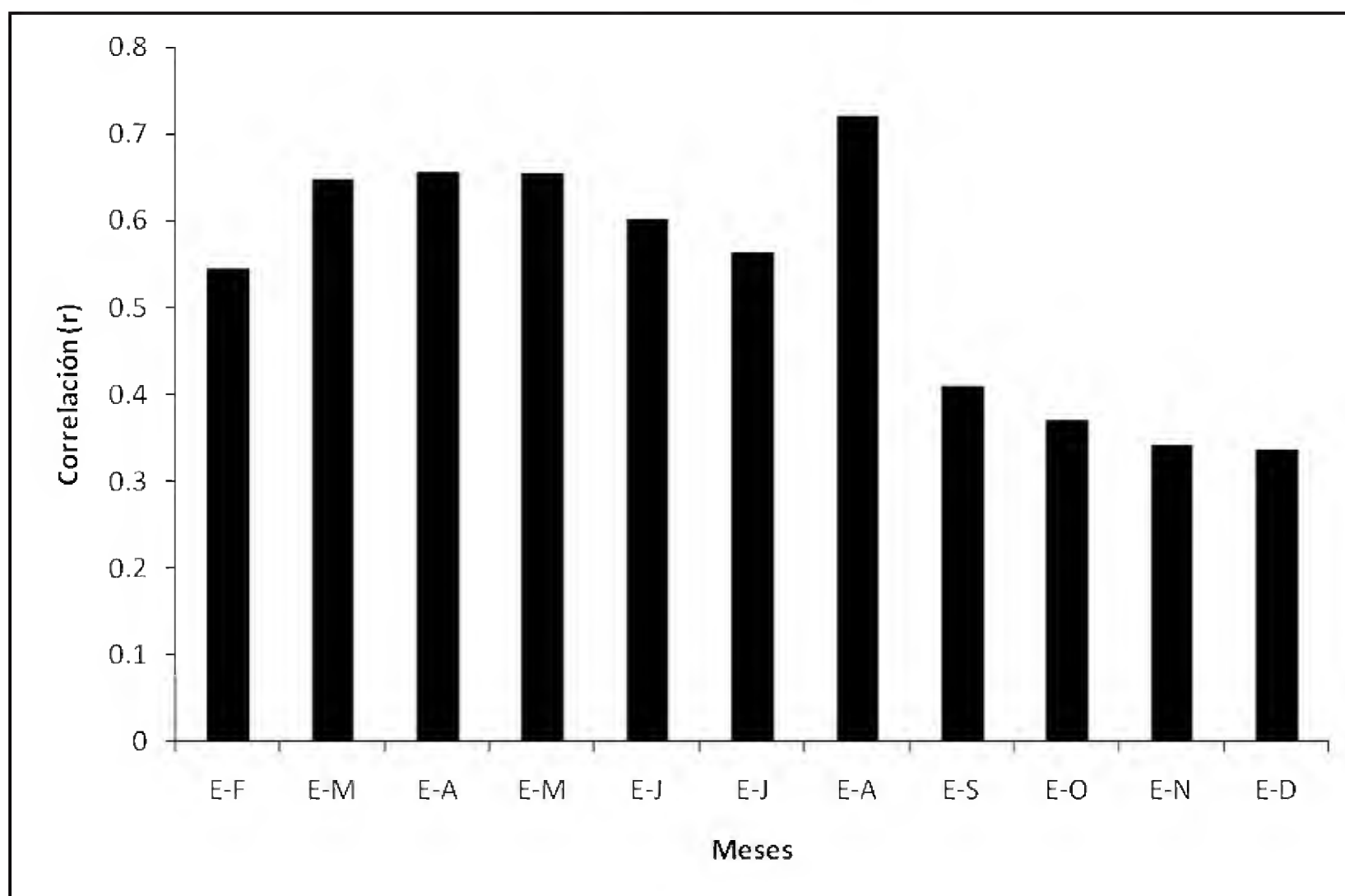


FIGURA 3. Función de respuesta entre la precipitación estacional para diversos sub-períodos y la cronología residual EW de *P. durangensis* del sitio Las Minitas, Pueblo Nuevo, Durango.

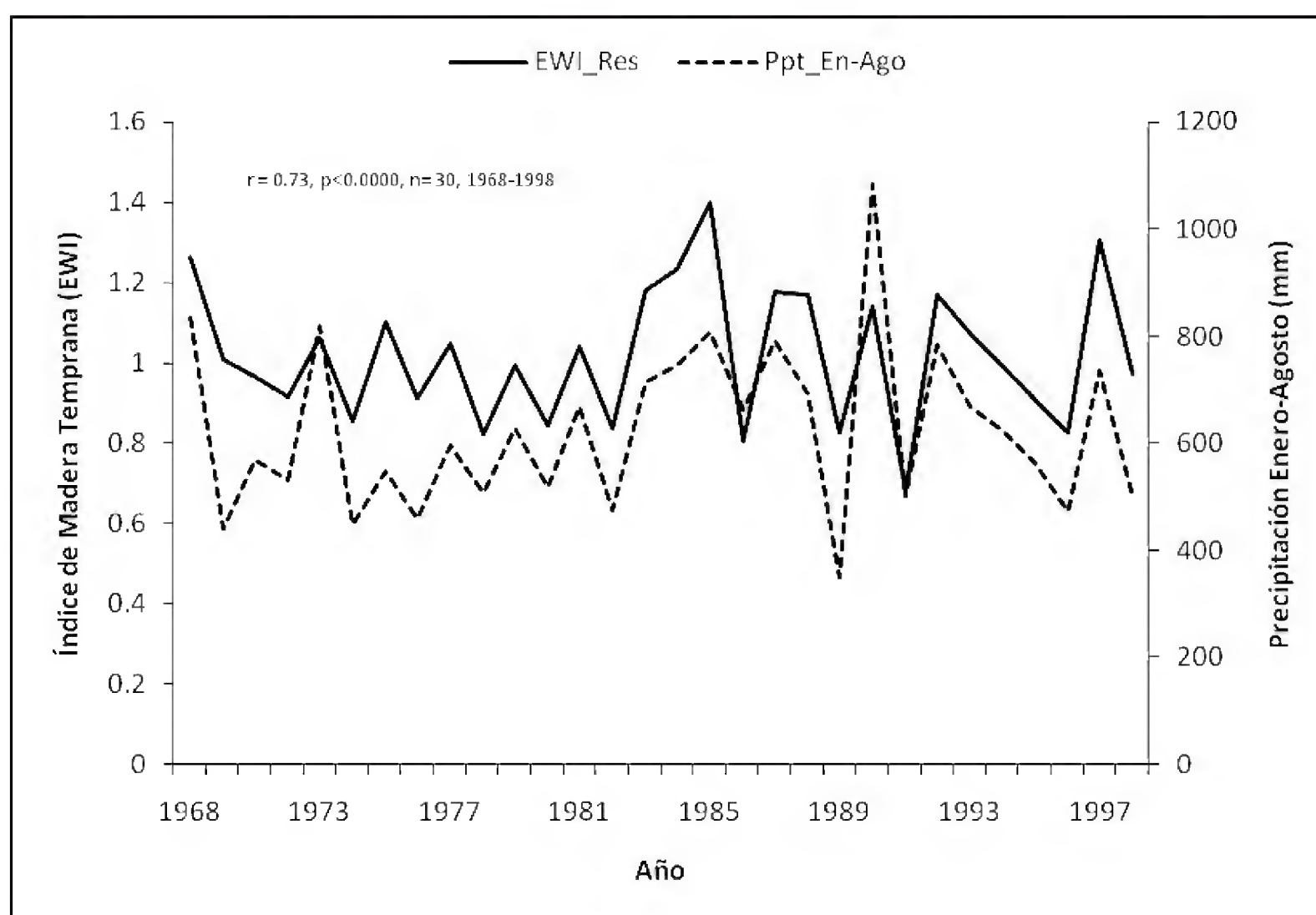


FIGURA 4. Relación entre el índice de madera temprana y la precipitación acumulada enero-agosto con registros de las estaciones meteorológicas El Salto, Las Bayas, Navios y San Dimas, período 1968-1998.

cos involucrados en el análisis soportan su validez, por lo que se utilizó el período de 1968 a1998 para generar la ecuación de regresión con fines de reconstrucción (Tabla 2). La ecuación de regresión lineal fue la siguiente:

$Y_i = -39.513636383 + 648.65563X_i$

Donde:

- Y_i = Valor reconstruido de precipitación estacional para un año determinado
 X_i = Índice de madera temprana de la cronología residual (EWI)

El período reconstruido de la precipitación se extendió de 1780 a 2012 (Fig. 5), en este tiempo se observan sequías recurrentes, intensas y prolongadas; así en el siglo XVIII la más severa se presentó en la década de 1790, aunque fueron más frecuentes en los siglos XIX (1800, 1820, 1840, 1860, 1860, 1890) y XX (1900, 1920, 1950, 1970, 1990, 2000). Los períodos húmedos fueron menos frecuentes, de menor extensión y los años extremadamente húmedos ocurrieron en 1793, 1814, 1827, 1884, 1968, 1985 y 1997 (Fig. 5).

Las reconstrucciones dendroclimáticas fundamentadas en modelos de regresión generalmente tienden a minimizar los períodos e intensidad de eventos secos y húmedos, ya que los modelos explican menos de 100% de la varianza observada en los datos climáticos instrumentales (Cleaveland *et al.*, 2003). Sin embargo, las recons-

trucciones dendroclimáticas y datos procedentes de archivos históricos en la región, señalan la presencia de sequías en gran parte de los períodos detectados en esta reconstrucción, caso específico las sequías de las décadas de 1790, 1860, 1890, 1900, 1920, 1950 y 1990 (Díaz *et al.*, 2002; Cleaveland *et al.*, 20003; González-Elizondo *et al.*, 2005; Villanueva *et al.*, 2005); así por ejemplo, los años de 1785 y 1786 se conocen como “*El Año del Hambre*” por la sequía intensa y presencia de heladas tempranas que mermaron la producción de maíz en el Valle de México (Florescano, 1980). Esta sequía no solo afectó el centro de México, si no que se extendió hasta gran parte del norte de México, como lo indican diversas reconstrucciones dendroclimáticas desarrolladas para los estados de Durango y Chihuahua (Villanueva *et al.*, 2009) y archivos históricos de la Cd. de Chihuahua (Endfield y Fernández, 2004; Contreras, 2005).

Las sequías registradas en 1801-1805, 1819-1824 y 1893-1898 son consistentes con las estimadas en reconstrucciones de precipitación invierno-primavera y reconstrucciones de flujo en la cuenca del río Nazas, Durango (Villanueva *et al.*, 2005; Cerano *et al.*, 2012). Los eventos extremos no solo afectaron a los ecosistemas, también tuvieron una gran repercusión en la población humana; por ejemplo, en la década de 1950 se registró una de las peores sequías del siglo XX. Este evento provocó el inicio del proceso masivo de migración de las áreas rurales hacia el extranjero, a países como los Estados Unidos para emplearse como “braceros” para traba-

TABLA 2. Estadísticos derivados de las pruebas de calibración, verificación entre la cronología EWI y precipitación estacional enero-agosto.

Período	Correlación Pearson ¹	Reducción del Error ²	Valor T ³	Producto de signos ⁴	Primera diferencia significativa ⁵
1968-1983	0.78*	0.437*	3.82*	1*	0*
1984-1998	0.70*	0.678*	4.63*	3*	1*

¹ Medida de la relación entre dos variables aleatorias cuantitativas y es independiente de la escala en las que estén medidas; ²Primera diferencia de los datos observados y reconstruidos ($t - t_r$), la transformación remueve tendencias que pueden afectar el coeficiente de correlación (Fritts, 1976); ³Valores de la prueba de “t” entre las medias de los valores observados y reconstruidos; ⁴Valores de salida de la media de cada serie (Fritts, 1976); ⁵Cualquier valor positivo indica que la reconstrucción contribuye únicamente con información paleoclimática.
* significativo, $p < 0.05$.



jos agrícolas (Florescano *et al.*, 1995; Cleaveland *et al.*, 2003; Sánchez *et al.*, 2012). Las sequías de las últimas décadas como las ocurridas en las décadas de 1970, 1980, 1990 y de 2007 a 2013 documentadas con registros climáticos, hidrométricos y con datos de producción de alimentos (Inegi, 2013); también son registradas por la red dendroclimática disponible para el norte de México, que clasifica a estos años como muy secos. A su vez, esta red también identifica secos a los años 2011 y 2012, donde la sequía magnificó su efecto cubriendo varios estados del norte de México, lo que ocasionó reducción en la producción de alimentos e incrementó la mortandad de ganado (Giner *et al.*, 2011).

Los períodos húmedos fueron menos frecuentes en esta reconstrucción, generalmente no se expresan con la intensidad que se presentaron históricamente, ya que el mayor énfasis está dado por períodos críticos de sequías severas y los períodos de bonanza pueden pasar desapercibidos. Por otra parte, eventos muy lluviosos no son detectados detalladamente por los anillos de los árboles ya que, algunas veces, estos se presentan después de que el anillo de crecimiento se ha formado completamente, aunque mucha de esta humedad queda almacenada en el suelo favoreciendo el crecimiento del anillo en el año siguiente (Fritts, 1976). No obstante, la reconstrucción indicó la presencia de períodos húmedos, como la década de 1830, registrándose también en gran parte de los EUA (Fye *et al.*, 2003). Este período también se ha caracterizado por presentar una baja frecuencia de incendios forestales (Yocom *et al.*, 2010). Algunos años con escurrimientos extraordinarios detectados en esta reconstrucción, se han observado en reconstrucciones de flujo para cuencas en la Sierra Madre Occidental que drenan tanto hacia la Altiplanicie del Desierto Chihuahuense como hacia la Costa del Pacífico (Cerano *et al.*, 2009; Villanueva *et al.*, 2005, Villanueva *et al.*, 2014).

El comportamiento de la variabilidad climática en esta región, está determinado por diversos fenómenos atmosféricos circulatorios y uno de los más importantes es ENSO, en particular, durante su fase cálida, que se

caracteriza por un incremento en la precipitación invernal (Stahle *et al.*, 1998; Stahle *et al.*, 2011). Por el contrario, durante la fase fría se presentan sequías, en ocasiones con varios años de duración (Magaña *et al.*, 2004; Seager *et al.*, 2009). Un comportamiento totalmente opuesto ocurre en el centro de México, donde en años de El Niño se presentan sequías severas, mientras que en años de La Niña, la lluvia está por encima del promedio histórico. Se ha indicado que el dipolo entre condiciones húmedas y secas es justamente el Trópico de Cáncer (Therrell *et al.*, 2002; Yocom *et al.*, 2010). Si bien parece que esta zona geográfica no ha sido estática y ha cambiado de latitud a través del tiempo, además de que no siempre esta dipolaridad tiene el mismo patrón de comportamiento (Stahle *et al.*, 2011).

Al comparar la cronología regional EWI e índices del SOI, como los generados por Allan *et al.* (1996), National Climatic Data Center (NOAA, 2014), Índice de Lluvia Tropical (TRI) (Wright, 1979), Índice Multivariado de ENSO (MEI) (NOAA, 2014) y los reconstruidos para el norte de México (Stahle *et al.*, 1998), se encontró una asociación significativa entre ambas variables, que no superó $r = -0.52$ ($p < 0.01$) (Tabla 3). Esta correlación fue menor a la observada en cronologías regionales, las cuales captan una mayor variabilidad del impacto de este fenómeno a nivel región hidrológica (Cleaveland *et al.*, 2003). La relación entre los índices EWI y SOI para el período invernal fue inversa, indicando un efecto negativo durante la fase cálida de El Niño. Sin embargo, la asociación fue positiva con los índices TRI y MEI, ya que el primero considera la cantidad de lluvia en milímetros y el índice MEI tiene invertidos los signos con valores positivos durante la fase de El Niño y negativos durante La Niña, no obstante que, el fenómeno que se analiza es el mismo (Wolter y Timlin, 2011).

El fenómeno del Monzón de Norteamérica (NAMS) es el que más influye en la precipitación de verano en esta región, pero su variabilidad interanual es menor (Douglas *et al.*, 1993). En este estudio no se encontró una relación significativa entre la serie dendrocronológica de madera tardía y la precipitación de verano.

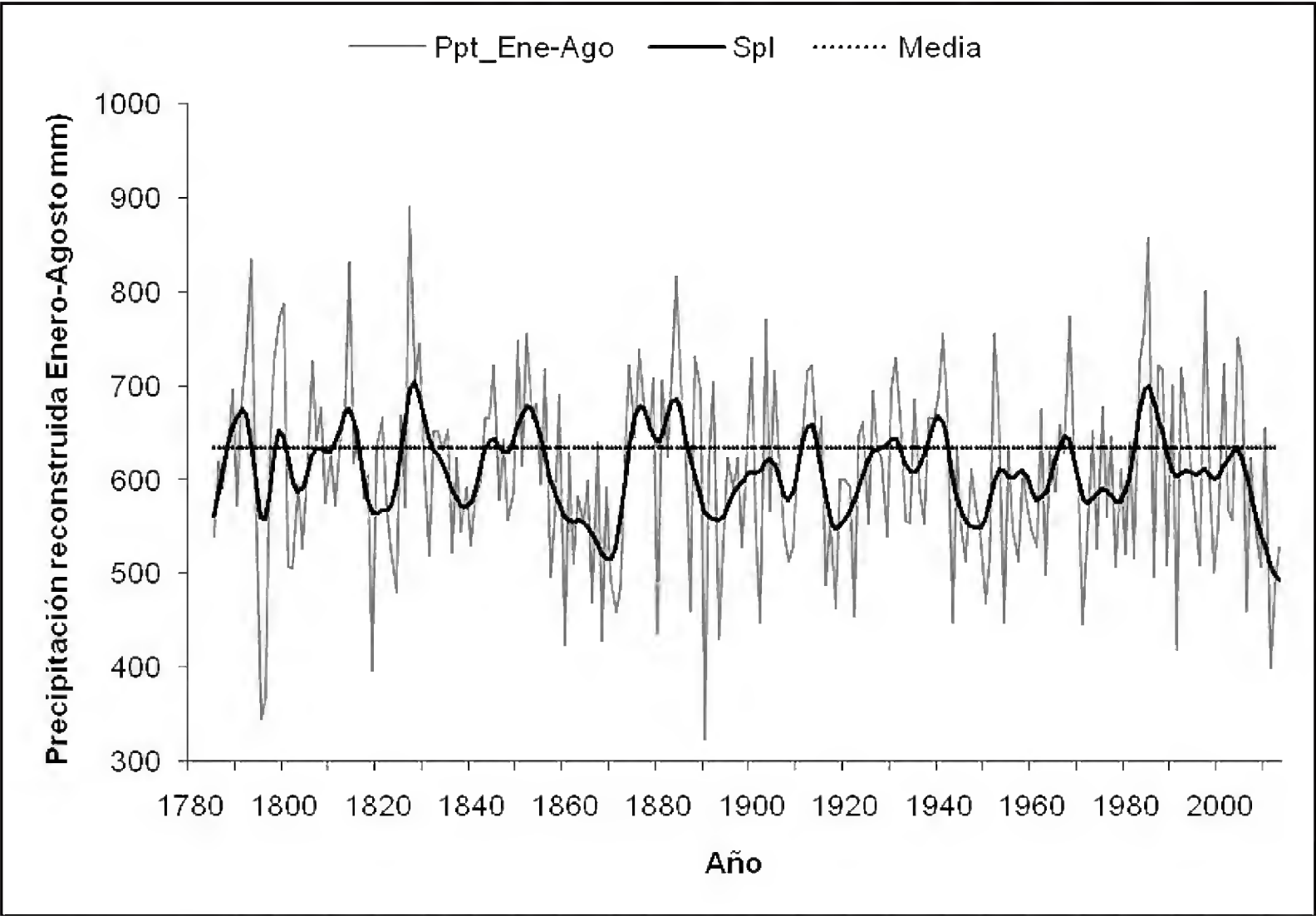


FIGURA 5. Precipitación reconstruida estacional enero-agosto para la parte alta de la región hidrológica Presidio San Pedro. La reconstrucción se extiende de 1785 a 2012. La línea gris son los valores de precipitación enero-agosto y la línea oscura, representa una línea flexible suavizada (spline) para resaltar eventos de baja frecuencia a nivel década.

TABLA 3. Relación ente la cronología de madera temprana del sitio las Minitas, Pueblo Nuevo, Durango y los índices estacionales promedio SOI del período invierno-primavera.

Variable	Período (años)	Correlación ($p<0.01$)	Fuente
¹ SOI Reconstruido (Dic-Feb)	1785 -1977 (272)	- 0.39	Stahle <i>et al.</i> (1998)
² Allan SOI invernal (Dic-Feb)	1876 -1996 (121)	- 0.52	Allan <i>et al.</i> (1996)
³ TRI Enero-Abril	1895 -1995 (101)	0.43	Wright (1979)
⁴ MEI Enero-Abril	1871-2005 (125)	0.43	Wolter y Timlin (2011)
⁵ SOI Noviembre-Febrero	1877-2013 (134)	- 0.52	NOAA (2014)

¹SOI reconstruido (Dic-Feb): índices SOI reconstruidos de una red dendrocronológica de Norte América (Stahle *et al.*, 1998); ²Allan SOI (Dic-Feb): índices de SOI derivados de la diferencia de presión de la temperatura de agua del mar entre las islas de Tahiti y Darwin (Allan *et al.*, 1996). ³TRI: Índice de Lluvia Tropical, estimación de la variabilidad de ENSO al involucrar anomalías de precipitación en el Pacífico central (Wright, 1979); ⁴MEI: Índice Multivariado de ENSO, involucra presión al nivel del mar, velocidad del viento, temperatura del agua y del aire y nubosidad en el Pacífico central (Wolter y Timlin, 2011). ⁵SOI Enero-Abril, índice que considera diferencia de presión en el Pacífico central. Valores negativos por debajo de -8 indican episodios El Niño (NOAA, 2014).

CONCLUSIONES

Los parámetros dendrocronológicos de *Pinus durangensis* derivados de los programas COFECHA y ARSTAN constatan el alto potencial de la especie para generar series de anillo

total, madera temprana y tardía, climáticamente sensitivas, como lo indican valores adecuados de inter-correlación entre series (0.463), sensibilidad media (0.309), autocorrelación de primer orden (0.41) y relación señal-



ruido (5.24); valores que son similares a otras especies de uso común en estudios dendrocronológicos para el norte y centro de México.

La extensión de las series dendrocronológicas fue de 232 años (1785-2012), esto implica que la longevidad de la especie al menos puede alcanzar más de dos siglos, lo que la hace de alto valor científico para extender la información climática en el tiempo.

La serie de madera temprana respondió significativamente a la precipitación acumulada enero-agosto, precipitación que representa entre 65 y 75% de la precipitación total anual en esta región y que alimenta el sistema hidrológico Baluarte, uno de los ríos del que depende el ecosistema de estuarios de Marismas Nacionales en los estados de Sinaloa y de Nayarit.

Los períodos de secos y húmedos reconstruidos en el presente estudio han sido observados en otras reconstrucciones regionales, lo que es de gran valía paleoclimática, ya que corrobora que estos fenómenos se extendieron en grandes superficies incluyendo la parte alta de la región hidrológica Presidio San Pedro.

La variación interanual de la precipitación invierno-primavera observada en esta reconstrucción tiene alta influencia de ENSO y el entendimiento de su comportamiento, es de gran relevancia con fines de la planeación y manejo de los recursos hídricos, los cuales son esenciales con fines agropecuarios y para conservación de ecosistemas con alta biodiversidad como lo es Marismas Nacionales.

La falta de asociación significativa entre la precipitación de verano, donde ocurre más de 70% de la precipitación anual, y la serie dendrocronológica de madera tardía es un indicativo de la escasa variabilidad hidroclimática que se presenta durante esta estación del año.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado en el Laboratorio de Dendrocronología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap) CENID-RASPA, en Gómez Palacio, Durango, gracias al financiamiento otorgado a través del proyecto "Influencia de patrones atmosféricos circulatorios en la frecuencia de incendios

forestales en la Sierra Madre Occidental. También se agradece a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) y al Instituto Tecnológico de El Salto (ITES) por brindarme la oportunidad de actualizarme profesionalmente, específicamente en el área de dendrocronología, durante mi año sabático

REFERENCIAS

- Allan, R., J. Lindesay y D. Parker. 1996. El Niño/Southern Oscillation & climate variability. CSIRO Publishing. Atmospheric Research. Australian National University. United Kingdom, Meteorological Office. 408 p.
- Armendariz Olivares R., A. Quiñonez Ch., M. Cano R., P. Juárez T., H.O. Rubio A. y J. Rentería A. 2003. Tablas de volúmenes para *Pinus herrerae* y *Pinus durangensis* en el ejido Monteverde, municipio de Guazapares, Chihuahua. Folleto Técnico No. 21. Inifap-Cirnoc. 28 p.
- Bradley, R. 1999. Paleoclimatology: reconstructing climates of the Quaternary. 2a ed. International Geophysics Series, Vol. 68. Elsevier Academic Press. Amsterdam. 614 p.
- Cerano-Paredes, J., J. Villanueva-Díaz, J.G. Arreola-Ávila, I. Sánchez-Cohen, R.D. Valdez-Cepeda y G. García-Herrera. 2009. Reconstrucción de 350 años de precipitación para el suroeste de Chihuahua, México. *Madera y Bosques* 15(2):27-44.
- Cerano Paredes, J., J. Villanueva D., R.D. Valdez C., V. Constante G., J.L. González B. y J. Estrada A. 2012. Precipitación reconstruida para la parte alta de la cuenca del río Nazas, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(10):7-23.
- Cleaveland, M.K., D.W. Stahle, M.D. Therrell, J. Villanueva D. y B.T. Burns. 2003. Tree-ring reconstructed precipitation and tropical teleconnections in Durango, Mexico. *Climatic Change* 59:369-388
- Comisión Nacional del Agua. 2012. Servicio Meteorológico Nacional: 135 años de historia en México. Semarnat. México, D.F. 76 p.
- Constante G, V., J. Villanueva D., J. Cerano P. y J. Estrada A. 2010. Parámetros para definir el potencial dendrocronológico. Folleto Técnico No. 19. Inifap Cenid Raspa. Gómez Palacio, Dgo. 40 p.

- Contreras Servín, C. 2005. Las sequías en México durante el siglo XIX. *Investigaciones Geográficas* 56:118-133.
- Cook, E. 1987. The decomposition of tree-ring series for environmental studies. *Tree-Ring Bulletin* 47:37-59.
- De la Lanza Espino, G., J.L. Carbajal P., S.A. Salinas R. y J.E. Barrios O. 2012. Medición del caudal ecológico del río Acaponeta, Nayarit, comparando distintos intervalos de tiempo. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 78:62-74.
- Díaz, S.C., M.D. Therrell, D.W. Stahle y M.K. Cleaveland. 2002. Chihuahua winter-spring precipitation reconstructed from tree-rings, 1647-1992. *Climate Research* 22:237-244.
- Douglas, M.W., R. Maddox, K. Howard y S. Reyes, 1993: The Mexican Monsoon. *Journal of Climate* 6:1665-1667.
- Endfield, G.H. e I. Fernández. 2006. Decades of drought, years of hunger: archival investigations of multiple year droughts in late colonial Chihuahua. *Climate Change* 75:395-419.
- ERIC III. 2006. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Extractor Rápido de Información Climatológica.
- Farjon, A., J.A. Pérez y B.T. Styles. 1997. A field guide to the pines of Mexico and Central America. Kew Publishing. 147 p.
- Florescano, E. 1980. Una historia olvidada: la sequía en México. *Nexos* 32:9-13.
- Florescano, E., S. Swan, M. Menegus e I. Galindo. 1995. Breve historia de la sequía en México. Universidad Veracruzana. Veracruz
- Fritts, H.C. 1976. Tree rings and climate. Academic Press. London. 567 p.
- Fritts, H.C. 1991. Reconstructing large-scale climatic patterns from tree-ring data. University of Arizona Press. Tucson, Az. 277 p.
- Fye, F.K., D.W. Stahle y E.R. Cook. 2003. Paleoclimatic analogs to twentieth-century moisture regimes across the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society* 84 (7):901-909
- García A., A. y M.S. González E. 2003. Pináceas de Durango. Instituto de Ecología, A.C. México, D.F. 187 p.
- Giner, R.A., L.C. Fierro y L.F. Negrete. 2011. Análisis de la problemática de la sequía 2011-2012 y sus efectos en la ganadería y agricultura de temporal. CONAZA, Saltillo, Coahuila. 12 p.
- González-Elizondo, M., E. Jurado, J. Navar, M.S. González-Elizondo, J. Villanueva, O. Aguirre y J. Jiménez. 2005. Tree-rings and climate relationships for Douglas-fir chronologies from the Sierra Madre Occidental, Mexico: a 1681-2001 rain reconstruction. *Forest Ecology and Management* 213:39-53
- Grissino-Mayer, H.D. 2001. Evaluating cross dating, accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research* 57(2):205-221.
- Holmes, R.L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43:69 - 78
- Inegi. 2009. Cartas temáticas del estado de Durango. Aguascalientes, Agsc. México
- Inegi. 2013. Panorama agropecuario en Durango: Censo agropecuario 2007. México, D.F.
- IPCC. 2014. Climate change: mitigation of climate change. IPCC working group III contributions to AR5.
- Lammertink, J.M., J.A. Rojas-Tome, F.M. Casillas-Orona y R.L. Otto. 1997. Situación y conservación de los bosques antiguos de pino-encino de la Sierra Madre Occidental y sus aves endémicas, Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, Sección Mexicana, México, D.F. 103 p.
- Magaña R., V., ed. 2004. Los impactos del niño en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación. México, 229 p.
- NOAA. 2014. Southern Oscillation Index (SOI. <http://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/soi.php>. Agosto 18, 2014.
- Robinson, W.J. y R. Evans. 1980. A microcomputerbased tree-ring measuring system. *Tree-Ring Bulletin* 40:59-64.
- Sánchez C., I., U. Oswald S., G. Díaz P., J. Cerano P., M.A. Insunza I., R. López L. y J. Villanueva D. 2012. Forced migration, climate change, mitigation and adaptation policies in Mexico: some functional relationships. *Inter-*



- national Migration*, Doi: 10.1111/J. 1468-2435.2012.00743.x
- Seager, R., M. Ting, M. Davis, M. Cane, N. Nike, J. Nakumara, C. Lie, E. Cook y D.W. Stahle. 2009. Mexican drought: an observational modeling and tree ring study of variability and climate change. *Atmósfera* 22(1):1-31.
- Stahle, D.W., R.D. Dárrigo, P.J. Krusic, M.K. Cleaveland, E.R. Cook, R.J. Allan, J.E. Cole, R.B. Dunbar, M.D. Therrell, D.A. Guy, M.D. Moore, M.A. Stokes, B.T. Burns, J. Villanueva-Díaz y L.G. Thompson. 1998. Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation. *Bulletin of the American Meteorological Society* 70(10):2137-2152.
- Stahle, D.W., D.J. Burnette, J. Villanueva-Díaz, R.R. Heim Jr., F.K. Fye, J. Cerano P., R. Acuna S. y M.K. Cleaveland. 2011. Pacific and Atlantic influences in Mesoamerican over the past millennium. *Climate Dynamics*, Doi 10.1007/s00382-011-1205-z.
- Stokes, M.A. y T.L. Smiley. 1968. An Introduction to Tree-Ring Dating. University of Chicago Press, Chicago, Illinois. 73 p.
- Therrell, M.D., D.W. Stahle, M.K. Cleaveland y J. Villanueva-D. 2002. Warm season tree growth and precipitation over Mexico. *Journal of Geophysical Research* 107(D14):6-1 – 6-7.
- Villanueva-Díaz, J., B.H. Luckman, D.W. Stahle, M.D. Therrell, M.K. Cleaveland, J. Cerano-Paredes, G. Gutierrez-García, J. Estrada-Avalos y R. Jasso-Ibarra. 2005. Hydroclimatic variability of the upper Nazas basin: water management implications for the irrigated area of the Comarca Lagunera. *Dendrochronologia* 22(3):215-223.
- Villanueva D., J., J. Cerano P., D.W. Stahle, J. Estrada A. y V. Constante G. 2008. Potencial dendrocronológico de *Pseudotsugamenziesii* (Mirb.) Franco y reconstrucciones de precipitación y flujo en México. Folleto Científico No. 23. Inifap Cenid-Raspa. Gómez Palacio, Durango. 49 pp.
- Villanueva D., J., P.Z. Fulé, J. Cerano P., J. Estrada A. y I. Sánchez C. 2009. Reconstrucción de la precipitación estacional para el barlovento de la Sierra Madre Occidental. *Ciencia Forestal en México* 34(105):37-69.
- Villanueva D., J., J. Cerano P., D.W. Stahle, B.H. Luckman, M.D. Therrell, M.K. Cleaveland y P.Z. Fulé. 2011. La dendrocronología y reconstrucciones paleoclimáticas en el norte-centro de México. In: M. Caballero, B. Ortega G., comp. Escenarios de cambio climático: Registros del Cuaternario en América Latina I. UNAM, Instituto de Geofísica, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial. México, D.F. p:47-72.
- Villanueva D., J., J. Cerano P., J. Estrada A., V. Constante G. y D.W. Stahle. 2014. Reconstrucción de escurrimiento histórico de la cuenca alta del Río Nazas, Durango. *Revista Chapingo: Serie Zonas Áridas*. Doi. 10.5154/r.rchSZA.2012.06.036
- Wolter, K. y M.S. Timlin, 2011: El Niño/Southern Oscillation behavior since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext). *International Journal of Climatology* 31: 14p
- Wright, P.B. 1979. Persistence of rainfall anomalies in the Central Pacific. *Nature* 277:371-374.
- Yocom, L.L., P.Z. Fulé, P.M. Brown, J. Cerano-Paredes, J. Villanueva-Díaz, D.A. Falk, y E. Cornejo-Oviedo. 2010. El Niño Southern Oscillation effect on fire regime in northeastern Mexico has changed over time. *Ecology* 9(16):660-1671.

Manuscrito recibido el 21 de agosto de 2014.

Aceptado el 12 de noviembre de 2015.

Este documento se debe citar como:

Díaz-Ramírez, B., J. Villanueva-Díaz y J. Cerano-Paredes. 2016. Reconstrucción de la precipitación estacional con anillos de crecimiento para la región hidrológica Presidio-San Pedro. *Madera y Bosques* 22(1):111-123.



Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la **región costera** del estado de Oaxaca, México

Land use/cover change, and future scenarios in the coastal region of Oaxaca state, Mexico

Edgar G. Leija-Loredo^{*}, Humberto Reyes-Hernández¹, Oscar Reyes-Pérez¹, José L. Flores-Flores²
y Francisco J. Sahagún-Sánchez³

¹ Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
hreyes@uaslp.mx, osrp@uaslp.mx

^{*} Autor de correspondencia. goyo_87gm@hotmail.com

² Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
joseluis.flores@uaslp.mx

³ Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas. Departamento de Políticas Públicas de la División de Economía y Sociedad. Licenciatura en Gestión y Economía Ambiental. Universidad de Guadalajara, México. momotus@gmail.com

RESUMEN

El estado de Oaxaca es considerado como uno de los *hot spots* mexicanos más importantes no solo por la enorme riqueza y biodiversidad que alberga, sino también, por la creciente transformación de sus bosques y selvas que amenazan la integridad y permanencia de estos ecosistemas tropicales. Los objetivos de este trabajo fueron analizar los cambios en la cubierta vegetal y el uso de la tierra en dos municipios de la región costera del estado de Oaxaca en el periodo 2000-2011, conocer sus causas y modelizar los escenarios futuros de dichas transformaciones al 2025. El estudio se basó en la comparación espacio-temporal de mapas de vegetación y uso de la tierra, derivados de la interpretación de imágenes de satélite *Spot* y *Landsat ETM+*. Una vez establecidas las tendencias de los cambios en la cubierta vegetal (2000-2011), se definieron los escenarios futuros y la proyección de los cambios en la cubierta vegetal al año 2025, utilizando para ello un modelo espacialmente explícito. Los resultados obtenidos indican que en once años en la región se deforestaron 18 403 ha de selvas, 369 ha de bosques y 421 ha de manglares. De continuar esta tendencia, para el 2025 se habrán perdido 37 937 ha de selvas, 650 ha de bosques y 885 ha de manglares. Ante este escenario es fundamental definir estrategias que permitan la conservación de los ecosistemas y al mismo tiempo mejoren las condiciones de vida de los habitantes de esta región.

PALABRAS CLAVE: cambio de uso del suelo, deforestación, dinámica ego, modelación.

ABSTRACT

Oaxaca state is considered one of the most important Mexican hot spots because of the huge richness and diversity it contains, and the increasing conversion of forests and tropical forest that threatens the integrity and stability of these tropical ecosystems. The objectives of this study were to analyze changes in land cover and land use in two municipalities of the coastal region of Oaxaca State for 2000-2011, to understand their causes and to model future scenarios of such transformations to 2025. The study was based in the spatial-temporal mapping of vegetation and land use, derived from satellite images *Spot* and *Landsat ETM+*. Once trends of changes in land cover (2000-2011) were established, scenarios to 2025 established by a spatially explicit model. The results indicate that 18 403 ha were deforested in the rain forests in eleven years, 369 ha of temperate forests and 421 ha of mangroves. If this trend continues in 2025, 37 937 ha of rain forests 650 ha and 885 ha of mangrove forests will be lost. Given this scenario it is essential to define strategies for the conservation of ecosystems and to simultaneously improve the living conditions of the inhabitants of this region.

KEYWORDS: land use change, deforestation, dinamica ego, modeling.

INTRODUCCIÓN

Las transformaciones humanas de los sistemas naturales y la explotación desmedida de los recursos naturales ha provocado que hoy, algunos ecosistemas y muchas especies se encuentren amenazadas o al borde de la extinción (Edwards, 2003; Monroy, 2003; Curiel, 2007). La deforestación y degradación de los bosques y selvas destaca como uno de los múltiples problemas ambientales, por las consecuencias que tiene sobre los ecosistemas y el bienestar humano y es considerada como una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad y un factor clave en el cambio climático global (Meli, 2003).

Aunque los bosques y selvas son de gran importancia, debido a la alta diversidad biológica que poseen; en América Latina estos ecosistemas han perdido más de 50% de su superficie original. En México por ejemplo, se deforestan anualmente entre 155 000 ha y 354 000 ha por año y nuestro país solo conserva 32% de su cobertura forestal original (FAO, 2010). En México, la principal causa de deforestación es el cambio de uso del suelo para convertir los bosques y selvas tropicales en potreros o campos de cultivo (Meli, 2003); es decir, ocurre simultáneamente una pérdida de cobertura vegetal sobre la tierra y un cambio en su uso.

Los procesos de cambio en la cubierta vegetal y uso de la tierra ocurren en una dinámica compleja asociada a múltiples variables como son el tipo de cubierta vegetal, las interacciones ecológicas, el ambiente físico, las actividades socioeconómicas y el contexto social (Dale y Beyeler, 2001). Algunos de estos procesos pueden ser predecibles, pero otros son de naturaleza estocástica. La ocurrencia de dos o más factores vinculados con los procesos de cambio en la cobertura y uso de la tierra pueden provocar un efecto sinérgico, al suceder de manera simultánea o por lo contrario, inhibirse al ocurrir al mismo tiempo (Phillips, 1997).

En virtud de que los cambios en el uso de la tierra tienen un origen multifactorial, deben ser analizados en distintas escalas temporales y espaciales que permitan conocer de manera espacial y a través del tiempo los cambios ocurridos en la dinámica de las coberturas (Geist y Lambin,

2002). Recientemente se han desarrollado modelos espacialmente explícitos que evalúan tales transformaciones que permiten entender las dinámicas espacio-temporales, mitigar sus impactos negativos y contribuir a la conservación de especies (Forester y Machlis, 1996).

El estado de Oaxaca situado en el sureste de México, es considerado parte del *hotspot* mesoamericano no solo por la enorme biodiversidad que alberga (Sánchez-Cordero, 2001; Peterson y Holt, 2003; García-Mendoza *et al.*, 2004), sino también por la creciente transformación de sus bosques y selvas que amenazan la integridad y permanencia de estos ecosistemas tropicales. Aunque el estado ocupa solo 5% del territorio nacional, contiene 50% de la todas las especies de plantas vasculares documentadas para México, 35% de los anfibios, 63% de aves y 55% de los mamíferos terrestres (Illoldi-Rangel *et al.*, 2008).

Esta región del país dotada de una gran biodiversidad, contrasta con los altos niveles de pobreza y marginación de la mayoría de sus habitantes, lo que sitúa a Oaxaca como uno de los estados con menor Índice de Desarrollo Humano (IDH) del país (0.6663) (PNUD, 2012). El turismo y las actividades agropecuarias son el principal sustento económico de la mayoría de la población, por ello, conciliar el desarrollo de las actividades productivas y la conservación de la biodiversidad requiere de estudios que permitan conocer las tasas de transformación de los principales ecosistemas tropicales y crear estrategias para frenar e incluso revertir las tendencias de deterioro a mediano y largo plazo.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo fueron analizar los cambios en la cubierta vegetal y el uso de la tierra en dos municipios de la región costera del estado de Oaxaca para el periodo 2000-2011, conocer sus causas y modelar los escenarios futuros de dichas transformaciones al 2025.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estado de Oaxaca se localiza entre las coordenadas geográficas 15° 39' y 18° 39' N, y los 93° 52' y 98° 32' W y



comprende una superficie de 93 343 km². Está integrado por 570 municipios, agrupados en ocho regiones, entre las que destaca la Región Costera, que se caracteriza por el crecimiento constante de la infraestructura turística (carreteras, hoteles, condominios, marinas y obras complementarias) lo que ha ocasionado severos impactos ambientales en las selvas, manglares, dunas costeras y marismas (Fig. 1).

Los municipios Santa María Colotepec y Santa María Tonameca, representativos de la dinámica socioeconómica que se vive en la región Costera de Oaxaca, fueron seleccionados para llevar a cabo este estudio. Se localizan entre dos de los principales centros turísticos del estado: Puerto Escondido y Bahías de Huatulco. Cuentan en conjunto con una población total de 46 880 habitantes, 23 104 hombres y 23 776 mujeres, distribuidos en una superficie de 1117

km². Los principales tipos de climas corresponden al clima cálido (Aw_0) y cálido subhúmedo (Aw_1) con precipitaciones que oscilan entre 800 mm y 2500 mm anuales. Los tipos de vegetación predominantes son el bosque de niebla, bosque de pino-encino, selva mediana caducifolia y perennifolia, selva alta perennifolia y manglar.

Elaboración de mapas de vegetación y usos de la tierra

El mapa de vegetación y usos de la tierra se elaboró a partir de la cartografía digital de vegetación y uso del suelo Serie V, escala 1:250 000 (Inegi, 2013). Para ello, la carta digital fue sobrepuesta a una imagen de satélite *Spot* de enero de 2011 (E55923181101291F2A03007) en una composición en falso color con la combinación de bandas RGB 432 en el *software* ArcGis 10.1. Esta combinación de

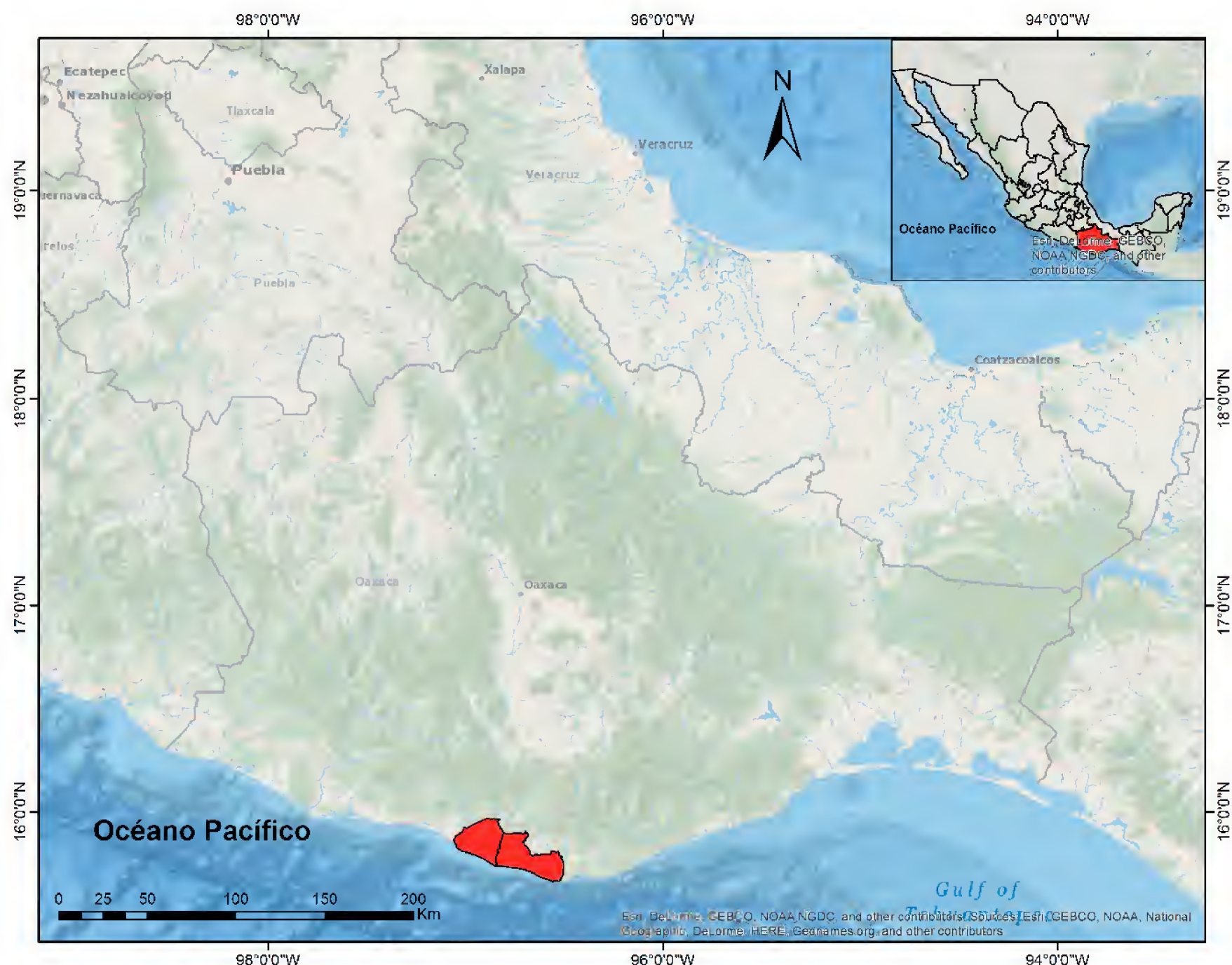


FIGURA 1. Localización del área de estudio, municipios de Santa María Colotepec y Santa María Tonameca, Oaxaca, México.

bandas resalta el vigor de la vegetación debido a que se compone de las bandas infrarrojas, que contrasta los fragmentos de vegetación de bosque y su vigor con diferentes tonalidades de rojo. En tanto que el color azul se relaciona con las zonas de agricultura, ganadería y zonas sin cobertura vegetal, que se diferencian por su forma geométrica regular (Lillesand *et al.*, 2004).

Mediante un análisis visual, se verificó la coincidencia de los polígonos de cada una de las clases presentes en la carta digital y su correspondiente tonalidad, forma y tamaño mostrado en las imágenes de satélite. Los polígonos donde no hubo coincidencia entre las imágenes y la clasificación del Inegi, fueron modificados o reclasificados, según correspondiera. Para establecer con exactitud los tipos vegetación y los usos de la tierra asociados, los polígonos donde hubo dudas para su correcta clasificación, fueron verificados directamente en campo y georeferenciados con un GPS. La verificación en campo permitió delimitar con mayor precisión los límites de cada una de las clases y su correcta clasificación.

En campo, adicionalmente se identificaron elementos conspicuos del paisaje, como tipo de suelo, relieve, actividades económicas y condiciones generales del paisaje. Derivado de lo anterior, los principales tipos de vegetación y usos de la tierra identificados fueron: bosque de pino-encino, selva mediana caducifolia y subcaducifolia, manglar, vegetación higrófila, cuerpo de agua, agricultura de riego y temporal, pastizal inducido, duna costera y zonas urbanas, los cuales se tomaron como base para elaborar la cartografía utilizada. A partir de lo anterior, se generó el mapa actual de vegetación y usos de la tierra.

De manera complementaria, se realizaron tres talleres participativos con habitantes de diferentes localidades ubicadas en la zona de estudio, con la finalidad de conocer la visión de la población en torno al manejo de los recursos y la actividad turística que se desarrolla en la costa de Oaxaca y los procesos de deforestación, con base en algunas técnicas propuestas por Reyes-Hernández *et al.* (2013). Se buscó identificar las principales razones y condiciones que obligan a los pobladores a transformar los bosques y

las selvas de la región y otros ecosistemas frágiles como los manglares.

Cambios en la cubierta vegetal y usos de la tierra

El análisis de los cambios en la cubierta vegetal y usos de la tierra se basó en el método propuesto por Mas (2005), el cual se permite evaluar cambios en los usos de la tierra y disminuir los errores derivados de los falsos cambios en la clasificación de los mapas (clasificación, etiquetado y delimitación de polígonos). El método consiste en superponer el polígono de la cobertura vegetal y usos del suelo de la fecha más actual (2011), sobre imágenes satelitales o fotografías aéreas más antiguas (en este caso *Spot* de enero del 2005 y *Landsat* de marzo del 2000) y con base en un análisis visual, se procede a modificar dicha cobertura directamente sobre la pantalla de la computadora; procedimiento muy similar al utilizado para generar el mapa actual de vegetación y usos de la tierra descrito inicialmente. De esta manera se obtuvieron los mapas de vegetación y uso del suelo para los años 2005 y 2000.

La determinación de la fiabilidad de los datos obtenidos de los mapas de vegetación y uso del suelo de los años 2000, 2005 y 2011 de Santa María Colotepec y Santa María Tonameca, se realizó con base en el método propuesto de evaluación de la confiabilidad temática (Mas *et al.*, 2003), el cual consiste en la comparación de la información del mapa, con la información de referencia considerada muy confiable. Este método se basa en el muestreo de sitios de verificación, cuya clasificación se obtiene a partir de trabajo de campo y de imágenes de satélite (alta resolución). Conocer el grado de confiabilidad de un producto cartográfico, permite a los usuarios del mapa valorar su ajuste con la realidad para la toma de decisiones con base en su información cartográfica.

El proceso de evaluación de la confiabilidad temática se divide en tres etapas: 1) diseño del muestreo, se enfoca en la selección de las unidades de muestreo, 2) evaluación del sitio de verificación, que permite obtener la clase correspondiente a cada unidad de muestreo y 3) análisis de los datos, que consiste generalmente en la elaboración de una matriz de confusión y el cálculo de índices de confiabilidad (los



detalles metodológicos se presentan en Stehman y Czaplewski, 1998; Mas *et al.*, 2003; Franco *et al.*, 2006).

A través del método de evaluación de la confiabilidad temática, se verificaron ocho categorías con un total de 400 puntos para el municipio de Santa María Colotepec y para el municipio de Santa María Tonameca se verificaron siete categorías con un total de 350 puntos. Los sitios de control se eligieron de acuerdo con Congalton (1988 y 1991), que recomienda comprobar como mínimo 50 puntos por categoría y de 75 a 100 si el área de estudio es superior a las 400 000 ha o si hay más de 12 categorías.

El grado de la confiabilidad se expresó en tres índices: confiabilidad global (proporción del mapa correctamente clasificado); confiabilidad del usuario (mide la proporción de sitios de cierta categoría en el mapa que están correctamente clasificados al ser verificados en la base de datos de referencia y el de la confiabilidad del productor (proporción de sitios de cierta categoría en las imágenes de satélite que están correctamente clasificados en la base de datos contextual) (Mas *et al.*, 2009). Con base en el muestro aleatorio estratificado, estos puntos fueron interpretados visualmente con imágenes *Spot*, lo cual permitió tener una mayor certeza de los puntos de verificación para cada estrato, que corresponde a cada una de las categorías en el mapa, garantizando así un número de sitios suficientes para cada categoría (los detalles metodológicos se presentan en Mas y Couturier, 2011). Para disminuir el sesgo debido al muestreo estratificado, se tomaron en cuenta las superficies de cada una de las categorías consideradas, es decir, se aplicó el método propuesto por Card (1982).

El grado de fiabilidad de los mapas de cubierta vegetal y uso del suelo, con respecto a los puntos de verificación que coincidieron con el mapa base, fue mayor a 60% para ambos municipios. Los resultados del análisis de fiabilidad de las clasificaciones se encuentran dentro del intervalo aceptable usado en diversos estudios que emplean criterios espectrales y visuales para la interpretación de imágenes de satélite (Díaz *et al.*, 2010).

La identificación y cuantificación de las áreas deforestadas y aquellas que cambiaron a otros usos de la tie-

rra, se lograron por medio de una superposición cartográfica de los mapas para los periodos 2011-2005, 2005-2000 y 2011-2000. La tasa de deforestación y el porcentaje de cambios para cada periodo de estudio se obtuvo mediante la fórmula empleada por la FAO:

$$C = [(T_2/T_1)^{1/n} - 1] * 100$$

donde:

T_1 = es el año de inicio,
 T_2 = el año actual o más reciente y
 n = Número de años entre T_1 y T_2 .

Finalmente, se elaboraron los mapas de las áreas deforestadas y de las áreas con cambios en los usos de la tierra, se cuantificó su superficie y calcularon las tasas de cambio.

Modelización

y simulación espacial con Dinamica ego

Para proyectar los cambios esperados en los usos de la tierra y la transformación de las coberturas naturales, se utilizó el *software* Dinamica ego. Este *software* de código libre (<http://www.csr.ufmg.br/dinamica/>) permite modelizar escenarios futuros a partir de las tendencias observadas previamente, considerando los fenómenos espaciales y temporales relacionados con los procesos de cambio a través del tiempo (Soares-Filho *et al.*, 2002). Se basa en algoritmos de autómatas celulares y los pesos de evidencia de distintas variables biofísicas y socioeconómicas identificadas como factores causales de la transformación, por lo que ha sido aplicado en numerosos estudios incluyendo la modelización de procesos de deforestación tropical (Soares-Filho *et al.*, 2002, 2004, 2006; Sahagún *et al.*, 2011; Mas y Flamenco, 2011).

El *software* posee diferentes ventajas sobre otros tipos de modelos en los cambios de las cuberturas. Entre estas ventajas está el obtener mayor precisión en la ubicación de los escenarios prospectivos de cambio. En contraparte, el modelo GEOMOD (Pontius *et al.*, 2001) solo determina la cantidad de cambio y no la ubicación. Además, emplea el método de pesos de evidencia que permite generar un mapa de cambio potencial con base en varia-

bles explicativas y con tendencias históricas y que, a su vez, integra la parte del conocimiento experto. Esto lo confiere un *plus* a la interpretación del comportamiento de los procesos de cambio en las coberturas. Aunque el módulo *Land Change Modeler* (LCM) de IDRISI, basado en algoritmos de redes neuronales, también es considerado un modelo con alto grado de confiabilidad para la generación de proyecciones de cambio, este no permite visualizar o modificar los valores de relación entre variables, considerándosele un modelo de caja negra poco flexible (González *et al.*, 2014).

Diferentes trabajos sobre proyecciones de cambio en las coberturas, sugieren que los modelos que permiten integrar el conocimiento experto, generan mayor confiabilidad en los escenarios de cambio y son más adecuados que los modelos basados en calibraciones automáticas (redes neuronales, algoritmos genéticos) debido a la precisión que genera los mapas prospectivos. Al respecto, Dinamica ego posee la ventaja de ser un modelo que permite utilizar ambos enfoques, desde integrar el conocimiento experto según el objeto de estudio (modificando los pesos de evidencia y la matriz de *Markov*) o funcionar bajo un enfoque totalmente automático (sin edición de los pesos y utilizando eventualmente la opción del algoritmo genético para modificar los pesos) (Soares-Filho *et al.*, 2006; Sahagún *et al.*, 2011; Mas *et al.*, 2014).

El modelo requiere de una organización y estructuración de base de datos cartográficos multi-temporal de tipo raster con la información de los usos de la tierra y de variables (biofísicas/socioeconómicas) que inciden en los procesos de transformación, a partir de lo cual se estiman las tasas de transición en diferentes fechas. Las variables explicativas, fueron elegidas con base en lo señalado por la literatura especializada en el tema y su disponibilidad en el formato requerido. Dichas variables fueron homologadas (similar georeferencia y tamaño de pixel) en el *software* ArcGis 10.1 y posteriormente exportadas al modelo elaborado en el *software* Dinamica ego, donde se procesaron como un archivo multicapa para facilitar su manejo.

Una vez incorporadas al modelo, se analizó su influencia en los cambios detectados y su representativi-

dad. Las variables utilizadas en el modelo fueron: índice de marginación, altitud, pendientes, tipo de suelos, distancia a carreteras, distancia a áreas agrícolas, distancia a asentamientos humanos, distancia a vías de comunicación (pavimentadas y terracerías), distancia a cuerpos de agua y distancia al borde o centro del polígono que presentó cambios.

Para disminuir el número de transiciones (y evitar la saturación del procesador y memoria del equipo), interacciones espurias entre las clases (cambios de bosque a selva por ejemplo) y hacer más eficiente su manejo en el modelo, las clases correspondientes a los tipos de vegetación fueron reclasificadas. Así por ejemplo las selvas mediana subcaducifolia y subperennifolia fueron reclasificadas solo como selva mediana. Los bosques de pino-encino, bosque de pino y bosque de encino-pino también fueron reclasificados solo como bosque.

El modelo genera mapas de cambio en la cubierta y usos del suelo, donde es posible calcular la proporción (probabilidad) de cambio en diferentes categorías de las variables explicativas, así como su influencia conocida como pesos de evidencia. Los pesos de evidencia se derivan (mediante estadística Bayesiana) de las probabilidades de que ocurra un evento (cambio/deforestación) dada cierta condición asociando un peso o valor (w) a cada categoría y tipo de cambio. Un peso de evidencia positivo ($w+$) >0 , indica que la categoría tiende a favorecer el cambio, mientras que un peso negativo ($w-$) <0 , tendería a inhibir el cambio.

Para que un modelo tenga validez es necesario que se cumpla con el supuesto de la no correlación de las variables, es decir que los pesos de evidencia deben ser independientes espacialmente. Para determinar la validez de este supuesto, se recurre a la aplicación del estadístico de *Cramer* y/o el de la información de *Incertidumbre-Conjunta* (Bonham-Carter, 1994).

Los pesos de evidencia fueron discriminados por independencia espacial y en algunos casos modificados de acuerdo con su representatividad espacial (número y tamaño de polígonos de cambio), temporal (factibilidad en el futuro), vinculación con el tipo de transición (rela-



ción con la variable), intensidad y comportamiento (forma en que deberían expresarse). En los casos donde fue necesario modificar el peso asignado por el modelo ($w+$, $w-$) de alguna variable, se recurrió a la consulta con expertos, la información recabada en campo y los talleres efectuados en las comunidades, para definir el peso real de la variable en cuestión.

Una vez definidos los pesos en el modelo, se procedió a realizar un modelamiento prospectivo de cambio, que consiste de una simulación de los cambios en la cobertura y usos de la tierra. Dicho procedimiento sigue un conjunto de reglas de transición preestablecidas donde a cada celda se le asigna una clase dependiendo del estado de las celdas vecinas (White y Engelen, 2000). Para ello, se calculan las matrices de cambio, a partir de la información de dos mapas de cobertura de la misma área pero de distinta fecha, lo que permite cuantificar las tasas de transición y evaluar las variables que influyen en la distribución de los cambios. Los mapas de propensión al cambio obtenidos en esta etapa, son necesarios para construir los escenarios hipotéticos de las superficies que podrían ser transformadas en el futuro en el paso siguiente del modelado (Sahagún *et al.*, 2011).

El modelo de los escenarios inicia con la simulación que consta de dos funciones esenciales: “*patcher*” que estima la formación de nuevos parches o claros en las cubiertas naturales y “*expander*”, que adiciona nuevas áreas (adyacentes) por la expansión de clases preexistentes. Para ello se definió la proporción de transiciones para cada función, calculada con base en el promedio y la varianza de los tamaños de los parches/expansiones formados en los periodos previos (Godoy y Soares-Filho, 2008; Mas y Quiroz, 2008). Como resultado se obtuvo un mapa de intervalos de tiempo discretos, que muestra la proyección de los cambios de acuerdo con las tendencias históricas encontradas.

El proceso de *validación* de la simulación que considera solo la ubicación espacial de los cambios se realizó comparando el mapa simulado que se genera a partir de los insumos anteriores y posteriormente se contrastó con el mapa observado (en este caso 2011), a través del método

de comparación difusa de Hagen (2003), denominado de “*Similaridad Reciproca*” (Kfuzzy). Esta medida muestra la magnitud, naturaleza y distribución espacial de la semejanza entre dos mapas cuyos valores cercanos a 1 indican mayor similitud. Este método permite ponderar la distancia y el estado de la distribución de las celdas alrededor de una celda central y se concentra en las áreas de cambio y no tanto en sus similitudes (Sahagún *et al.*, 2011). Como resultado se obtuvo un valor de ajuste de similitud de 71% para el municipio de Santa María Colotepec y 78% para Santa María Tonameca. Este índice de similitud promedio es considerado apropiado cuando su valor es mayor que el del mapa real u observado (Hagen, 2003).

El paso final de la modelización es su validación, para ello se recurre a una función denominada *decaimiento con ventanas múltiples* cuyo funcionamiento es muy similar al paso anterior. En este caso se generan varios tamaños de ventana que permiten ampliar la exactitud espacial del cambio en un área determinada. En este caso el *software* elige el resultado de la sobreposición (cobertura real vs simulada o viceversa) con el menor porcentaje de coincidencia para evitar falsos cambios o resultados sobredimensionados. A partir del mapa de 2011 (fecha inicial de la simulación) se construyeron los mapas de cubierta vegetal y usos de la tierra esperados para 2015, 2020 y 2025 para los municipios de Santa María Colotepec y Santa María Tonameca.

RESULTADOS

Los resultados mostraron que los bosques, los manglares y las selvas en la porción de la costa del estado de Oaxaca que fue examinada, han sido severamente transformados por las actividades antrópicas. La modificación de estos ecosistemas tropicales se debe principalmente a la intensificación de las actividades agropecuarias y la construcción de vías de comunicación e infraestructura para el turismo. En 11 años (2000-2011), se perdieron 18 402 ha de selva, 420 ha de manglares y 369 ha de bosques. En importante señalar que a pesar de ser dos entidades contiguas ambos municipios muestran procesos de deforestación diferenciados.

En el año 2000, Santa María Colotepec registró una superficie de 35 450 ha de coberturas naturales (34 303 ha de selvas, 733 ha de bosque de pino-encino y 414 ha de manglar), que se redujo a 27 525 ha (6777 ha menos) 11 años después. En términos proporcionales los manglares tuvieron el detrimento más drástico al perder 60% de su superficie. Los bosque de pino-encino, por su parte, disminuyeron casi 50% al pasar de 773 ha a 364 ha en el mismo período (Fig. 2; Tabla 1). Las tasas de deforestación en este municipio fueron de 6.1% para el bosque de pino-encino, 4.4 % para los manglares y 2.0% para las selvas en el periodo de 2000-2011.

Los cambios más evidentes se localizaron al norte del área de estudio, específicamente en las cadenas montañosas cubiertas por bosques y selvas y en las áreas cercanas a la costa donde predominan los manglares. A su vez, los

pastizales y las áreas de agricultura de Santa María Colotepec y Santa María Tonameca mostraron incrementos significativos en su superficie al pasar de 974 ha en 2000 a 4475 ha en 2011. Por su parte las áreas agrícolas se incrementaron en 8580 ha en 11 años.

Santa María Tonameca tenía una superficie total de 45 224 ha de coberturas naturales en el año 2000 (43 564 ha de selvas y 1660 ha de manglares). Once años después, las selvas habían disminuido en 11 624.7 ha, es decir que para 2011 solo quedaban 31 939 ha. Los manglares por su parte perdieron 259 ha en este período. Las tasas de deforestación correspondientes fueron de 2.8% para las selvas y de 1.5% para los manglares.

Las principales transformaciones se localizaron en las inmediaciones de la principal zona urbana y al suroeste del área de estudio (Fig. 3; Tabla 1). Por su parte las áreas

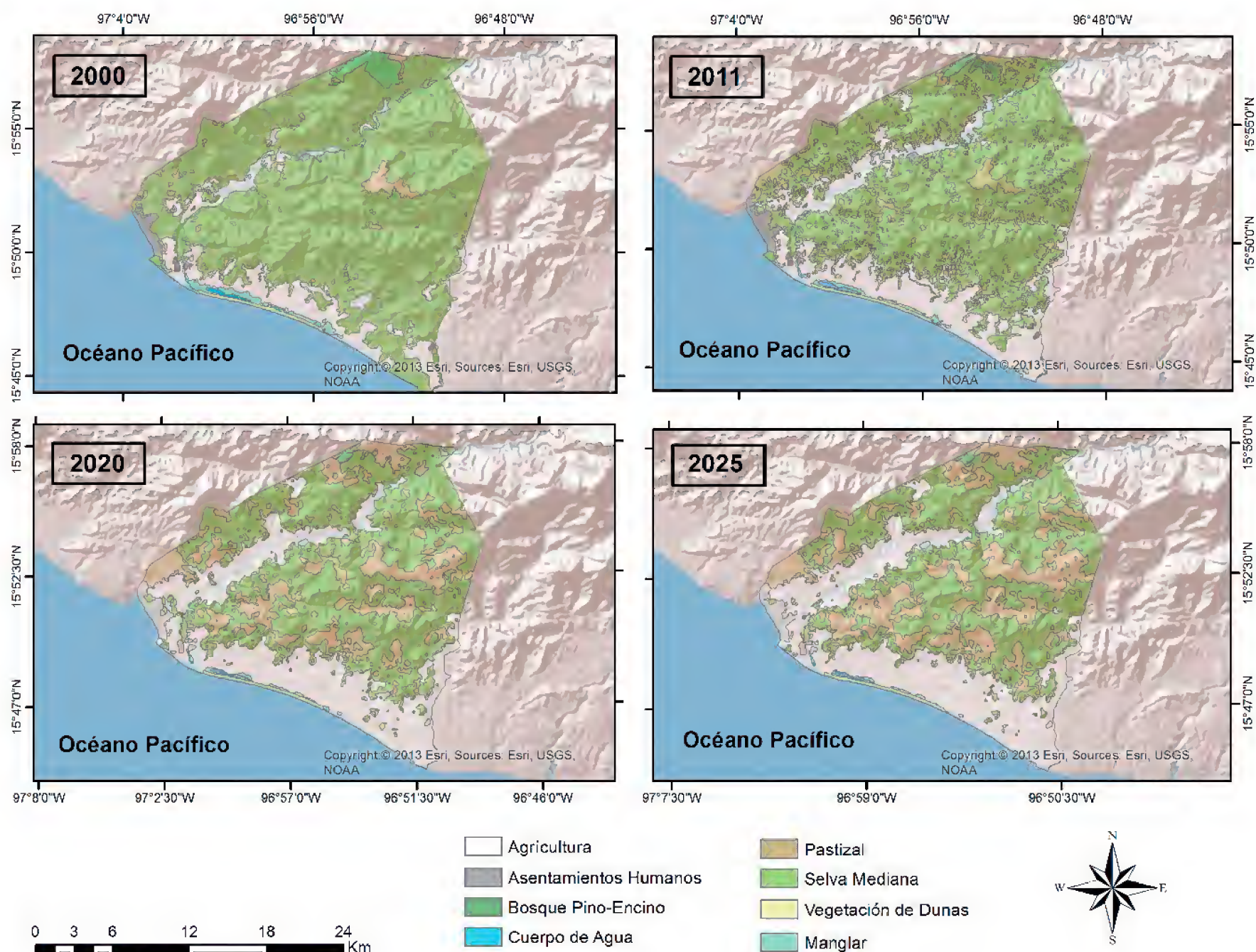


FIGURA 2. Vegetación y uso del suelo actual y potencial del municipio de Santa María Colotepec, Oaxaca.

TABLA 1. Cambios en las coberturas vegetales y tasas de deforestación.

Municipio	Cobertura/uso de la tierra	Superficie por año (ha)			Tasa anual de deforestación (%) por periodo		
		2000	2005	2011	2000-2005	2005-2011	2000-2011
Santa María Colotepec	Bosque Pino-Encino	733	592	364	-4.2	-7.5	-6.1
	Selva	34 303	32 073	27 525	-1.3	-2.4	-2.0
	Pastizal	974	1 408	4 475	ND	ND	ND
	Agricultura	4 893	6 763	8 580	ND	ND	ND
	Manglar	414	371	252	-2.1	-6.0	-4.4
	Cuerpo de agua	97	97	97	ND	ND	ND
	Dunas Costeras	233	233	233	ND	ND	ND
	Asentamientos Humanos	460	570	581	ND	ND	ND
Santa María Tonameca	Selva	43 564	38 153	31 963	-2.6	-2.8	-2.8
	Manglar	1 660	1 546	1 410	-1.4	-1.6	-1.5
	Agricultura	5 808	7 995	11,711	ND	ND	ND
	Pastizal	1 757	4 794	7 442	ND	ND	ND
	Asentamientos Humanos	35.7	336.8	348.5	ND	ND	ND
	Cuerpo de Agua	136	136	120	ND	ND	ND

agrícolas y los pastizales se incrementaron en 11 588 ha respectivamente para el 2011, al igual que los asentamientos humanos que pasaron de 35.7 ha a 348 ha en 11 años.

Las variables explicativas utilizadas en el modelo prospectivo que tuvieron mayor incidencia de cambio en las coberturas naturales en el municipio de Santa María Colotepec fueron pendiente, densidad de población y distancia a los asentamientos humanos. Estas variables también tuvieron la misma injerencia en el municipio de Santa María Tonameca salvo la variable pendiente, que no mostró un efecto positivo en este municipio.

La tendencia de los cambios en la cubierta vegetal y usos de la tierra indicó que para 2025, en Santa María Colotepec se perderían 650 ha de bosque de pino-encino, 336 ha de manglares y 15 332 ha de selvas (Fig. 4; Tabla 2). De acuerdo con estas estimaciones los manglares y bosques prácticamente habrán desaparecido en los siguientes 14 años. En términos absolutos la selva será el ecosistema que pierda la mayor superficie. Por su parte los asentamientos humanos se incrementarán en 157.3 ha para 2025.

En el caso de Santa María Tonameca, de mantenerse las tendencias actuales, para 2025 se perderán 299 ha de manglares y 22 605 ha de selva. La selva sufrirá las mayores transformaciones (Fig. 5; Tabla 2). La superficie con actividad agrícola se incrementará a 12 584 ha, mientras que los pastizales sumarán 10 295.9 ha. El crecimiento de la superficie agrícola se prevé sea a costa de la selva. Los asentamientos humanos se vislumbra amplíen su superficie en 21 ha para 2025.

DISCUSIÓN

La transformación de los ecosistemas forestales en la región costera de Oaxaca al igual que en otras regiones tropicales del país y del mundo ha modificado enormemente el paisaje regional, afectando con ello la estructura y funcionalidad de sus ecosistemas que lo hacen ser más vulnerables. Dichas transformaciones hacen cada vez más homogéneos los paisajes naturales a medida que la superficie terrestre se convierte en áreas de usos humanos (Carpenter *et al.*, 2009). Además de impactar directa o

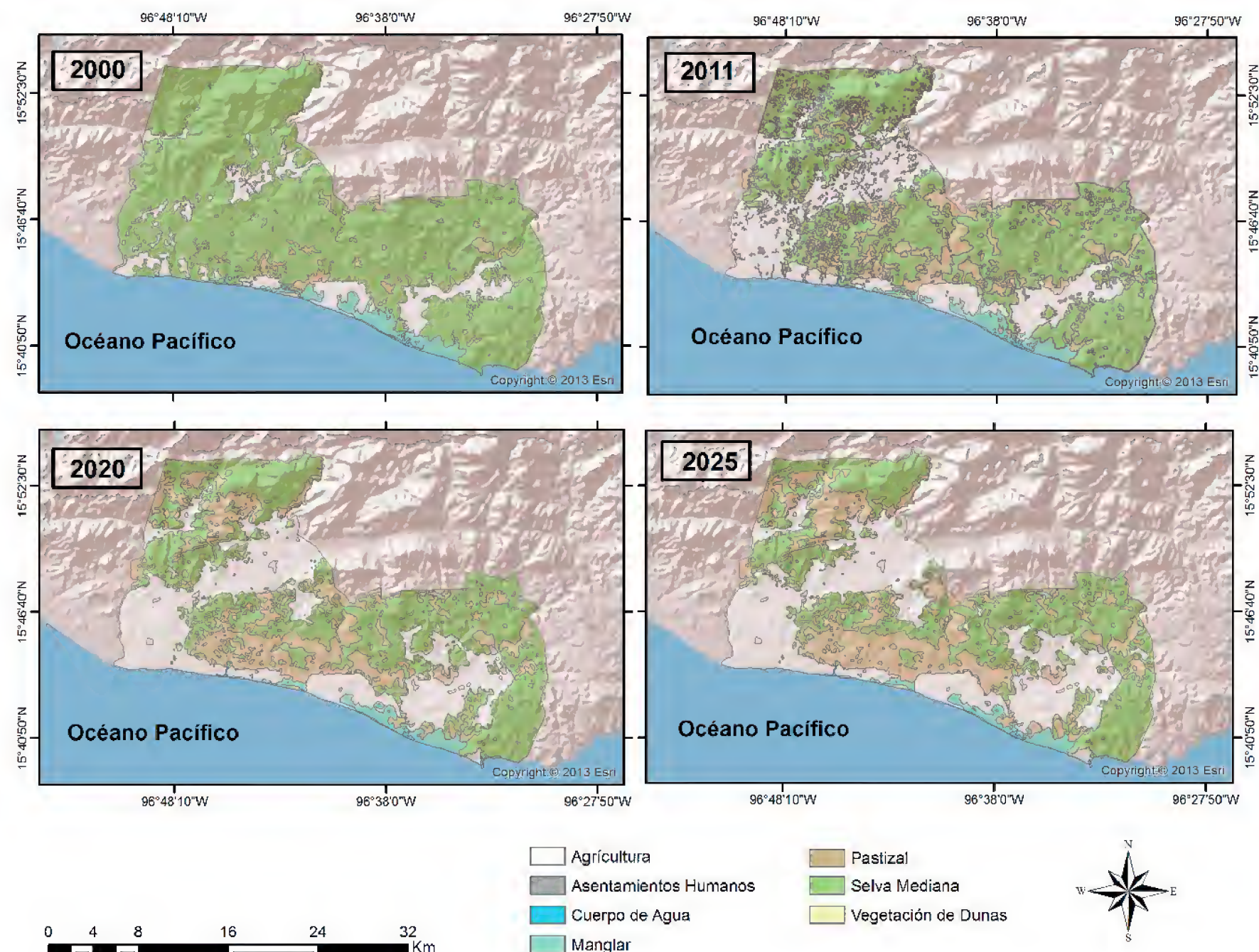


FIGURA 3. Vegetación y uso del suelo actual y potencial del municipio de Santa María Tonameca, Oaxaca.

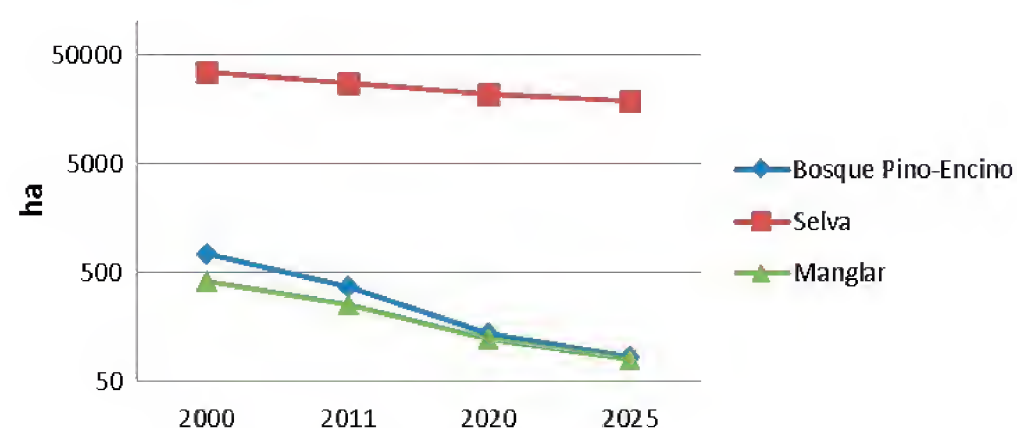


FIGURA 4. Tendencias de cambio en las coberturas naturales para el municipio de Santa María Colotepec, Oaxaca.

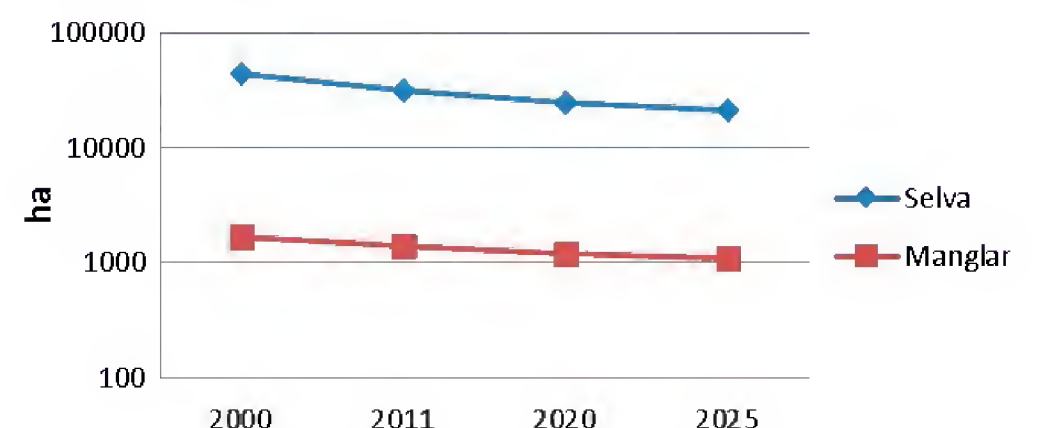


FIGURA 5. Tendencias de cambio en las coberturas naturales para el municipio de Santa María Tonameca, Oaxaca.

indirectamente en la provisión de los servicios ecosistémicos (Metzger *et al.*, 2006).

En Santa María Colotepec las selvas, bosques y manglares han disminuido sus coberturas en más de 6000 ha en los últimos once años (2000-2011). En Santa María Tona-

meca, la situación no es tan diferente, aquí más de 11 000 ha se perdieron el mismo período. Más grave aún es el panorama al que se deberán enfrentar estos ecosistemas en las próximas décadas. Las tasas de deforestación anual calculadas para los municipios de Santa María Colotepec y

TABLA 2. Simulación de escenarios futuros de cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo de los municipios Santa María Colotepec y Santa María Tonameca, Oaxaca.

Municipio	Uso del suelo	Superficie por año (ha)		
		2015	2020	2025
Santa María Colotepec	Bosque Pino-Encino	246	136	82
	Selva	25 442	21 872	18 971
	Pastizal	5 520	7 966	10 011
	Agricultura	9 798	11 080	12 001
	Manglar	183	121	78
	Cuerpo de Agua	93	94	94
	Dunas Costeras	236	237.64	237.85
	Asentamientos Humanos	460	570	581
Santa María Tonameca	Selva	28 776	24 494	20 958
	Manglar	1 337	1 215	1 111
	Agricultura	14 023	16 354	18 392
	Pastizal	8 383	10 452	12 053
	Asentamientos Humanos	352	368	373
	Cuerpo de Agua	89	78	73

Santa María Tonameca, Oaxaca, oscilan entre 2.4% y 6.1% anual consideradas altas comparadas con las tasas publicadas a nivel nacional (1.1%) y con respecto otras calculadas para otras regiones de México: región purépecha de Michoacán (1.5-2%), la selva lacandona (4.5%), Calakmul (2%) (Velázquez *et al.*, 2002) y la Sierra Madre Oriental en el estado de San Luis Potosí (0.6-1.7%) (Sahagún *et al.* 2011). De cumplirse los pronósticos expuestos en este trabajo, en 15 años los bosques, manglares y selvas de esta porción del estado podrían desaparecer casi por completo y con ello la biodiversidad asociada.

En dependencia del grado de perturbación o fragmentación, un hábitat se modificará no solo en su estructura vegetal original sino también en su heterogeneidad y su complejidad. Es así que una constante

reducción del hábitat para las especies que habitan estos ecosistemas, puede ocasionar un proceso de defaunación o desaparición parcial o total de comunidades de algunos grupos o de poblaciones de ciertas especies más susceptibles como aves residentes y mamíferos grandes (Dirzo y García, 1992).

Aunque existe una transformación acelerada de las coberturas naturales en ambos municipios, Santa María Tonameca evidencia mayor superficie perdida en el período 2000-2011 y persistirá al año 2025 de acuerdo con el modelo tendencial. Al respecto, se postula que la densidad poblacional y la marginación son los factores socioeconómicos con mayor influencia en la transformación del paisaje. En este sentido existen otros trabajos que también documentan la relación entre la deforestación y los índices de marginación en México. Lo mismo ocurre en la mayoría de regiones más marginadas en el país, siendo un común denominador de los países en vías de desarrollo y otros países (Watson *et al.*,2001; Muñoz-Piña *et al.*, 2003; Pérez-Verdín *et al.*, 2009; Sahagún *et al.*, 2011). Esto se explica porque la población con bajos recursos económicos, requiere satisfacer sus necesidades alimentarias, dando lugar al desmonte de áreas para la agricultura, lo que ocasiona la erosión y fragmentación de las tierras, derivado de la falta de capacitación técnica y de recursos económicos para mantener la fertilidad del suelo.

La apertura de nuevas áreas para la agricultura, particularmente en la cercanía de las corrientes de agua superficial permite suponer que la disponibilidad del recurso hídrico en los municipios Santa María Colotepec y Santa María Tonameca favorecerá la intensificación de las actividades agrícolas, en comparación con otras áreas. Asimismo, se detecta un aumento en la superficie ocupada por los asentamientos humanos, que se incrementará significativamente en los próximos años, principalmente en las áreas urbanas cercanas a la costa, lo que se explica por la apertura de nuevos espacios para albergar al turismo creciente en la zona. Lo anterior conlleva un aumento en la demanda de infraestructura básica para ofrecer al turista los servicios que demanda, generando con ello mayor presión sobre los cambios en la cubierta vegetal y los usos de la tierra.

El plan estatal de desarrollo sustentable (2004-2010) del estado de Oaxaca planteaba promover proyectos de corredores turísticos en los principales centros como Huatulco-Puerto Ángel, Puerto Escondido-Chacahua. Aunque estos planes no cumplieron con sus expectativas, la construcción de carreteras, infraestructura urbana y servicios, fueron actividades ligadas a causas directas e indirectas en la transformación del paisaje.

La dinámica del proceso de deforestación y los escenarios previstos tienen una dinámica diferenciada, debido a la relación en las variables sociales, económicas, políticas y ambientales (Pijanowski *et al.*, 2002) y algunas de estas solo combinan el tiempo pero no necesariamente en el espacio. Por ello se recomienda que los modelos prospectivos no se utilicen de forma separada, sino integralmente con los procesos socioeconómicos y ambientales que están relacionados en tiempo y espacio, para lograr alternativas de alto potencial y amplio campo de desarrollo conceptual y metodológico (Mas *et al.*, 2002).

En la actualidad, la alteración y la degradación de los ecosistemas requieren de acciones de restauración ecológica que permitan su recuperación y logren cumplir sus funciones ambientales básicas, como la recarga de acuíferos, la modulación del clima y la fijación de carbono entre otros. Al respecto, los estudios sobre los procesos dinámicos en la cobertura vegetal y usos de la tierra, son indispensables para conocer las tendencias de los procesos de degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad (Kaimowitz y Agelsen, 1998; Velázquez *et al.*, 2002; Priego *et al.*, 2004; Guerra y Ochoa., 2006). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio se ha centrado en la monitorización del cambio del uso del suelo y proporciona conocimientos para ayudar a lograr entornos sostenibles (MEA, 2003).

El estado de Oaxaca es una de las entidades del país con mayor diversidad biológica, cultural y una heterogeneidad ambiental compleja por su alta biodiversidad y gran cantidad de ecosistemas. Pero al mismo tiempo, evidencia enormes carencias y rezagos al grado de ocupar el tercer lugar en México en los niveles de marginación y pobreza (Velázquez, 2002). Aunque el turismo podría ser una opción para mejorar las actuales condiciones socioe-

conómicas de la mayoría de la población, también constituye una amenaza para los principales ecosistemas, debido al cambio de uso del suelo y deforestación que estaría ejerciendo principalmente por la demanda y necesidades del turista, aunado esto a la instalación de nueva infraestructura para albergar al visitante.

El turismo es un elemento que tiene la capacidad de atraer visitantes en una determinada localidad o zona, para que esto exista, es necesaria la existencia del recurso natural. Los municipios de Santa María Colotepec y Santa María Tonameca se ubican en ecosistemas con una variada gama de recursos naturales y existe un interés de la población y autoridades locales para llevar a cabo iniciativas donde se promueva el turismo como alternativa económica. La actividad turística también ha desempeñado un papel importante en la transformación de los ecosistemas, debido a la demanda de infraestructura local. Estos cambios no solo presentan altos costos ecológicos, sino también afectan en las adaptaciones de los humanos, que cada vez requiere de mayores recursos para satisfacer sus necesidades (Saunders *et al.*, 1991).

La complejidad de los procesos de cambio en la región costera de Oaxaca, en los municipios de Santa María Colotepec y Santa María Tonameca tiene una clara manifestación sobre la cobertura de la vegetación y los diferentes usos de la tierra, determinados por una red de complejas interacciones de factores socioeconómicos y medioambientales. El incremento en los asentamientos humanos, la marginación, la expansión de la frontera agrícola y pecuaria se manifiestan en cambios en los modos de aprovechamiento que, a la larga, conducen a cambios en los usos del suelo. De tal manera, que el uso y el manejo no sostenible entre seres humanos y los ecosistemas en estos dos municipios, se ven fuertemente condicionados por la alteración o desaparición de determinadas prácticas y modos de aprovechamiento.

CONCLUSIONES

Los cambios la cubierta vegetal en Santa María Colotepec y Santa María Tonameca han sido influidos por una red de complejas interacciones de factores socioeconómicos y



medio-ambientales. Estas modificaciones expresan serias implicaciones en el medio ambiente y en la disminución de áreas forestales como en bosques, selvas y manglares, cuyos ecosistemas, han sido impactados severamente un poco más de una década. De mantenerse esta dinámica en la región costera de Oaxaca, se postula la desaparición casi por completo de las coberturas naturales, la intensificación de las actividades socioeconómicas y el incremento en las áreas de los asentamientos humanos.

Finalmente la dinámica y condiciones específicas a través del análisis realizado en los municipios de Santa María Colotepec y Santa María Tonameca establecen la necesidad de coordinar las diversas instancias de la administración pública y de gobierno, así como los actores sociales a fin de lograr una atención integral efectiva de los aspectos esenciales del desarrollo y de las demandas y necesidades de la población. La problemática de la región debe operar como un espacio de inserción de las políticas y acciones que mitiguen el cambio en el uso del suelo y la deforestación, así como un ámbito de generación de consensos y acuerdos que puedan reorientar el desarrollo hacia criterios de preservación de los recursos naturales.

Los escenarios prospectivos de los cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo encontrados en este estudio, permitirán el desarrollo de acciones con dirección a la planificación, ordenamiento del territorio y a la ejecución de programas que mitiguen el impacto a los recursos naturales y coadyuven al uso racional de los ecosistemas en esta región que, de acuerdo con las tendencias obtenidas, están en peligro de desaparecer en más de la mitad de su cobertura natural.

El desarrollo de esta investigación sirvió para conocer el ritmo de las tasas de deforestación y las condiciones en las que se encuentran los ecosistemas de esta región, así mismo permitió identificar las causas que inciden en la transformación de las coberturas naturales y a su vez permitirá describir los patrones a través del tiempo que generarían los cambios en los paisajes de esta región.

Enfoques de modelado del paisaje basados en escenarios para producir estudios futuros del paisaje siguen siendo un desafío. Este estudio es parte del esfuerzo para

mejorar el acoplamiento entre modelos de paisajes y escenarios futuros a una escala regional.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto “Propuesta de ordenamiento ecológico de la actividad turística en la costa sur-occidental del pacífico mexicano, con base en la asimilación económica del territorio” Convenio SEP-81601, por los recursos otorgados para la realización de esta investigación. El Primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada para los estudios de maestría en Ciencias Ambientales de la UASLP.

REFERENCIAS

- Bonham-Carter, G.E. 1994. Geographic information systems for geoscientists: Modeling with GIS. Pergamon. Nueva York. 398 p.
- Card, H. 1982. Using known map category marginal frequencies to improve estimates of thematic map accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 48(3):431-439.
- Carpenter, S.R., H.A. Mooney, A. John, D. Capistrano, R.S. DeFries, S. Díaz, T. Dietz, A.K. Duraiappah, A. Oteng-Yeboah, H.M. Pereira, C. Perrings, W.V. Reid, J. Sarukhan, R.J. Scholes y A. Whyte. 2009. Science for managing ecosystem services: beyond the millennium ecosystem assessment. *PNAS* 106(5):1305-1312.
- Congalton, R. 1988. A comparison of sampling scheme use in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54(5):593-600.
- Congalton, R. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of the Environment* 37:35-46.
- Curiel, B.A. 2007. El entendimiento de las fuerzas dinamizadoras de la degradación ambiental: las aportaciones de Paul Ehrlich. *Gaceta Ecológica*. INE-Semarnat. México.
- Dale, V.H. y S.C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1:3-10.

- Díaz Gallegos, J.R., J.F. Mas y A. Velázquez 2010. Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography* 31:180-196.
- Dirzo, R. y M.C. García. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in Southeast Mexico. *Conservation Biology* 6:84-90.
- Edwards, T.C. Jr., G.C. Moisen., T.S. Frescino y J.J. Lawer. 2003. Modelling multiple ecological scales to link landscape theory to wildlife conservation. In: J.A. Bissonette e I. Storch, eds. Landscape ecology and resource management. Linking theory with practice. Island Press. Washington, E.U.A. p:153-172.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional México. FRA2010/132. Roma. 98 p.
- Forester, D.J. y G.E. Machlis. 1996. Modeling human factors that affect the loss of biodiversity. *Conservation Biology* 10:1253-1263.
- Franco, S., H. Regil y J. Ordóñez. 2006. Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. *Madera y Bosques* 12(1):17-28.
- Geist, H.J. y E.F. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* 52(2):143-150.
- García-Mendoza, A., M.J. Ordóñez, M. Briones-Salas, 2004. Diversidad biológica del estado de Oaxaca. Instituto de Biología UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza y WWF, México D.F. p:55-65.
- Guerra, V. y S. Ochoa. 2006. Evaluación espacio-temporal de la vegetación y uso del suelo en la reserva de Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco 1990-2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM* 59:7-25.
- Godoy, M.M.G. y B.S. Soares-Filho. 2008. Modelling intra-urban dynamics in the savassi neighborhood, Belo Horizonte city, Brazil. In: M. Paegelow y M.T. Camacho-Olmedo, eds. Modelling Environmental Dynamics. p:318-338.
- González, J., A. Cubillos, M. Arias, B. Zapata. IDEAM-MADS. 2014. Resultados de la simulación de la deforestación para el ajuste del nivel de referencia del área subnacional A8. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 42 p.
- Hagen, A. 2003. Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps. *International Journal of Geographical Information Science* 17:235-249.
- Inegi (Instituto Nacional de Geografía e Informática). 2013. Conjunto Nacional de uso de suelo y vegetación: Escala 1:250 000 (vectorial). Serie V. DGG-Inegi. México.
- Illoldi-Rangel P., F.M. Trevon, P. Christopher, S.V. Cordero, S. Sahotra. 2008. Solving the maximum representation problem to prioritize areas or the conservation of terrestrial mammals at risk in Oaxaca. *Divers Distribution* 14:493-508.
- Kaimowitz, D. y A. Angelsen. 1998. Economic models of tropical deforestation A Review. Center for International Forestry Research. Bogor, Indonesia.
- Lillesand, T.M., R.W. Kiefer y J. W. Chipman. 2004. Remote sensing and image interpretation. John Wiley. Hoboken, Nueva Jersey, EUA. 763 p.
- Mas, J.F., H., Puig., J.L. Palacio-Prieto y A. Sosa. 2002. Modelado del proceso de deforestación en una región del sureste de México. CD de las Memorias del II Seminario Latinoamericano de Geografía Física. Maracaibo, Venezuela p:24-27.
- Mas, J.F, J.R. Díaz-Gallegos y A. Pérez-Vega. 2003. Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM* 51:53-72.
- Mas, J.F. 2005. Change estimates by map comparison: A method to reduce erroneous changes due to positional error. *Transactions in GIS* 9(4):619-629.
- Mas, J.F. e Y. Quiroz. 2008. Modelización de los cambios de uso/cobertura de suelo con el software Dinamica. México: Centro de Investigación en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. 124 p.
- Mas, J.F., A. Velázquez y S. Couturier. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental* 1(1): 23-39.



- Mas, J. y S. Couturier. 2011. Evaluación de bases de datos cartográficas. In: F. Bautista, ed. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. CIGA, IG. México, D.F. p: 675-703.
- Mas, J.F., A. Flamenco-Sandoval. 2011. Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *GeoTropico* 5(1):1-24.
- Mas, J.F., M. Kolb, M. Paegelow, M.T. Camacho y T. Houet. 2014. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *Environmental Modelling y Software* 51:94-111.
- Meli, P. 2003. Restauración ecológica en bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciencia* 8:581-589.
- Metzger, M.J., M.D.A. Rounsevell, L. Acosta-Michlik, R. Lee-mans y D. Schröter. 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use change. Agriculture. *Ecosystems and Environment* 114:69-85.
- Millenium Ecosystems Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press. Washington, DC.
- Monroy, V.O. 2003. Principios generales de biología de la conservación. In: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy, eds. Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. INE-Semarnat. México 315 p.
- Muñoz-Piña, C., G. Alarcón, J.C. Fernández y L. Jaramillo. 2003. Pixel patterns of deforestation in Mexico. México: INE-Semarnat (Working paper). México. D.F. 26 p.
- Pérez-Verdín, G., Kim, Y.S., Hospodarsky y D.A. Tecle. 2009. Factors driving deforestation in common pool resources in Northern Mexico. *Journal of Environmental Management* 90:331-340.
- Peterson, A.T. y R.D. Holt. 2003. Niche differentiation in Mexican birds: Using point occurrences to detect ecological innovation. *Ecology Letters* 6:774-782.
- Phillips, O.L. 1997. The changing ecology of tropical forest. *Biodiversity and Conservation* 6:291-311.
- Pijanowski, B.C., D.G. Brown, B.A. Shellito y G.A. Manik. 2002. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: A land transformation model. *Computers, Environment and Urban Systems* 26(6):553-576.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2012. El futuro sostenible que queremos. Informe Anual 2011/2012. 37 p.
- Pontius, R.G., J.D. Cornell y C.A. Hall. 2001. Modeling the spatial pattern of land use change with GEOMOD2: Application and validation for Costa Rica. Agriculture. *Ecosystems and Environment* 177:1-13.
- Priego, A.H., A. Cotler, N.L. Fregoso y C. Enríquez. 2004. La dinámica ambiental de la cuenca Lerma-Chapala. *Gaceta Ecológica* 71:23-38.
- Reyes-Hernández, H., J.N. Montoya-Toledo., J. Fortanelli-Martínez., M. Aguilar-Robledo., J. García Pérez. 2013. Metodologías participativas aplicadas al análisis de la deforestación del bosque de niebla en San Luis Potosí, México. *Bois et Forêts des Tropiques* 318(4):27-39.
- Sánchez-Cordero, V. 2001. Elevational gradients of diversity for bats and rodents in Oaxaca, Mexico. *Global Ecology and Biogeography* 10:63-76.
- Sahagún J., H. Reyes, J.L. Flores, L. Chapa. 2011. Modelización de escenarios de cambio potencial en la vegetación y uso de suelo en la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí, México. *Journal of Latin American Geography* 10(2):65-86.
- Saunders, R.W. y K.T. Kriebel. 1991. An improved method for detecting clear sky and vegetation types in the 8-14 um wave band: analysis of two field methods. *Remote Sensing of Environment*. 59:490-521.
- Soares-Filho, B.S., A.A. Alencar, D.C. Nepstad, G.C. Cerqueira, M.C.V. Diaz, S. Rivero, L. Solórzano y E. Voll. 2004. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: The Santarém Cuiabá corridor. *Global Change Biology* 10(5):745-764.
- Soares-Filho, B.S., D.C. Nepstad, L.M. Curran, G.C. Cerqueira, R.A. Garcia, C.A. Ramos, E. Voll, A. McDonald, P. Lefebvre y P. Schlesinger. 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature* 440:520-523.
- Soares-Filho B.S., C.L. Pennachin y G. Cerqueira. 2002. Dinámica a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling* 154:217-235.

- Stehman, S. y R. Czaplewski. 1998. Design and analysis for thematic map accuracy assessment: fundamental principles. *Remote Sensing of Environment* 64:331-344.
- Velázquez, A., J.F. Mas y J.L. Palacio. 2002. Análisis del cambio de uso del suelo, mapas del análisis del cambio de uso del suelo. Instituto de Geografía, UNAM. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología.
- Watson, R.T., I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo y D.J. Dokken, eds. 2001. Land use, land use change, and forestry. Cambridge University Press. Cambridge. 375 p.
- White, R. y G. Engelen. 2000. High resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems. *Computers, Environment and Urban Systems* 24:383-400.
- Manuscrito recibido el 6 de abril de 2015.
Aceptado el 29 de enero de 2016.
- Este documento se debe citar como:
Leija-Loredo, E.G., H. Reyes-Hernández, O. Reyes-Pérez, J.L. Flores-Flores y F.J. Sahagún-Sánchez. 2016. Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 22(1):125-140.



Proceso de **deforestación** en el municipio de **Cherán**, Michoacán, México (2006-2012)

Deforestation process in the municipality of Cherán, Michoacán, México (2006-2012)

María Luisa España-Boquera^{*} y Omar Champo-Jiménez¹

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.

^{*} Autor de correspondencia.
mespanaboquera@gmail.com

RESUMEN

La devastación de los ecosistemas en los últimos años está aumentando la desigualdad y los conflictos sociales y, en particular, la marginación de los pueblos indígenas, que en muchos casos son los legítimos propietarios de las tierras forestales. En este trabajo se analiza el caso de la población purépecha de Cherán, Michoacán, comunidad que en 2011 organizó un levantamiento armado como protesta por la tala ilegal de sus bosques, frente a la indiferencia de las autoridades. A partir de imágenes satelitales *Spot*, de alta resolución (10 m) se estimó la pérdida anual de la cubierta forestal, entre 2006 y 2012. Utilizando un criterio basado en el NDVI y la firma espectral, se obtuvieron y validaron los mapas de suelo / vegetación, para cada año del período estudiado; la comparación de los mapas anuales permitió construir el mapa de deforestación anual. En total, fueron deforestadas 9069 hectáreas, lo que equivale a 71% de la superficie vegetal existente en 2006. La mayor parte de la deforestación se produjo entre 2010 y 2011 (2815 ha) y corresponde la zona más cercana al núcleo urbano; muchas zonas taladas también fueron quemadas. Estos resultados permiten dimensionar el problema de la deforestación en Cherán y ayudan a entender la reacción de la comunidad ante la devastación de sus bosques.

PALABRAS CLAVE: cambio de cobertura, imágenes *Spot*, Meseta Purépecha, movimientos indígenas.

ABSTRACT

The devastation of ecosystems in recent years is increasing the inequality and social conflict, and in particular, the marginalization of indigenous people, who in many cases are the rightful owners of the forestland. In this research we analyse the case of the Purepecha town of Cheran, Michoacan, community that in 2011, staged an armed uprising as protest for the illegal logging of their forests, in the face of the indifference of the authorities. The annual loss of forest cover between 2006 and 2012 was estimated by analyzing high resolution satellite images *Spot* (10 m), using a criterion based on the NDVI and the spectral signature. Soil / vegetation maps were obtained and validated for each year of the period studied; the comparison of annual maps allowed to generate the map of annual deforestation. In total, 9000 ha were deforested, equivalent to 71% of the vegetation area existing in 2006. Most deforestation occurred between 2010 and 2011 (2815 ha) and corresponds to the forest nearest the urban core area; many clearcuts were also burned. These results measure the problem of deforestation in Cheran and help understand the community's reaction to the destruction of their forest.

KEYWORDS: land cover change, *Spot* images, Meseta Purepecha, indigenous movements

INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años la humanidad ha cambiado los ecosistemas más rápida y extensivamente que en cualquier periodo comparable de la historia. Muchos de estos cambios han sido en respuesta a las necesidades crecientes de

comida y agua, así como de madera, fibras y combustibles; la obtención desmesurada de estos recursos tiene consecuencias graves, como la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y la degradación de los suelos. Este alto precio por la degradación de los servicios ecosistémicos

está siendo asumido de manera desproporcionada por los más pobres, lo que está acrecentando la desigualdad y los conflictos sociales (*Millenium Ecosystem Assessment*, 2005). Mientras las zonas más desarrolladas del planeta han logrado mantener o incrementar sus superficies forestales en la última década, con tasas de cambio entre 1.16% en los países de Asia del Este, 0.36% en Europa (sin Rusia), 0.28% en Asia del Sur, 0.13% en EE.UU. y 0% en Canadá, en los países menos desarrollados la tendencia es negativa, con -1.19% en América Central y entre -0.45% y -0.36% en América del Sur, África, Asia del Sur y del Este y Oceanía (FAO, 2011). Esta correlación entre el nivel de desarrollo y el de deforestación se encuentra también entre los países de cada región (Redo *et al.*, 2012) y se explica por diferentes factores.

La extracción de madera, la expansión de la agricultura, principalmente de los cultivos permanentes, y la construcción de infraestructura, en particular de transporte, se consideran las causas directas más importantes de la deforestación. Sin embargo, las verdaderas causas son indirectas: de naturaleza económica, demográfica, tecnológica, sociopolítica o cultural y dependen principalmente de las “actitudes de indiferencia pública hacia los entornos forestales” (Geist y Lambin, 2002).

Los gobiernos con débil legitimidad muestran una capacidad limitada para mantener localmente sistemas sustentables de manejo forestal (Bottazzi y Dao, 2013), mientras que aquellos con altos niveles de gobernabilidad (concepto que incluye la estabilidad, la ausencia de violencia, la efectividad y el control de la corrupción (Kauffmann *et al.*, 2012)) se asocian con bajos niveles de deforestación ilegal. Sin embargo en aquellos casos en que las políticas públicas eficientes estimulan la expansión agrícola, descuidando la conservación del medio ambiente, puede haber una pérdida importante de superficie forestal (Ceddia *et al.*, 2014). Así, la falta de regulación en los usos de suelo (Redo *et al.*, 2012) y de coordinación entre las políticas agrícolas y forestales, con la priorización de las primeras, ha fomentado en muchos casos la conversión de tierras forestales a cultivos, con el fin de hacerlas productivas o simple-

mente como mecanismo para legitimar su propiedad (Bottazzi y Dao, 2013).

La tenencia de la tierra se señala como un factor importante asociado con la deforestación, sin embargo, no hay una relación directa con el tipo de propiedad, privada o comunal, sino más bien con el nivel de compromiso (y la capacidad real) de los propietarios para limitar la explotación (Bottazzi y Dao, 2013). La tierras comunales son a menudo propiedad de poblaciones indígenas, y en estos casos se ha observado que la probabilidad de deforestación es menor, lo que se explica por el sentimiento de arraigo y respeto de las comunidades por su territorio, que es su espacio natural de vida, base de sus saberes, conocimientos, cultura, identidad, tradiciones y derechos (Barranquero *et al.*, 2010), además de constituir su único patrimonio (Madrid *et al.*, 2009). La falta de apoyo al sector forestal y de respeto hacia las culturas indígenas, aunada a la pobreza de estos grupos de población, que no cuentan con fuentes de empleo en otros sectores, obliga a los dueños de los bosques a elegir entre la sustentabilidad económica de sus familias y la sustentabilidad ecológica de sus bosques.

Un elemento adicional, que intensifica la presión hacia las superficies forestales de los pueblos indígenas en situaciones de débil gobernabilidad, es el control de las tierras forestales por parte de grupos armados ligados a actividades delictivas, como el narcotráfico, ya sea para mantener el dominio del territorio, comercializar madera y minerales de forma ilegal y/o establecer cultivos de drogas. Este fenómeno se ha ido consolidando en los últimos años como uno de los principales factores de la pérdida de bosques tropicales de América Latina, principalmente en los países de producción y tránsito de drogas hacia los Estados Unidos, es decir, desde Colombia hasta México (McSweeney *et al.*, 2014).

En México se vive desde hace varios años una situación de violencia e ingobernabilidad (Casar, 2015), relacionada con el tráfico de drogas y la “guerra” emprendida para combatirlo. Entre las consecuencias de este conflicto, hay que incluir la creciente pobreza y desigualdad social (Hurtado-González y Delgado-Valdez, 2013) y la intensi-



ficación de la devastación ecológica (McSweeney *et al.*, 2014). En México la mayoría de los bosques pertenecen a comunidades y pueblos indígenas (Madrid *et al.*, 2009); sin embargo, las políticas públicas inadecuadas y la falta de apoyo para la tecnificación y comercialización de los productos forestales, no han permitido el desarrollo de una silvicultura efectiva que permita a estos grupos salir de la situación de pobreza en que se encuentran (DOF, 2014; Navarrete-Linares, 2008), sino que más bien ha incentivado la tala ilegal y ha creado muchos conflictos territoriales entre las comunidades (White y Martin, 2002).

Michoacán es uno de los estados más violentos e inestables del país, por estar en disputa entre varias asociaciones delictivas (Maldonado-Aranda, 2012; Ameth, 2015); a pesar de ser uno de los principales productores agropecuarios, es el octavo estado en índice de marginación y el tercero en expulsión de migrantes hacia los EE. UU. (Fuentes-Díaz y Paleta-Pérez, 2015); al mismo tiempo, es uno de los estados con más municipios indígenas. La población indígena michoacana pertenece a las regiones purépecha (en el centro), nahua (en la sierra-costa) y mazahua-otimí (en el oriente, Reserva de la Mariposa Monarca) (Franco-Mendoza, 1996) y cada una de ellas constituye un claro ejemplo de los problemas descritos. En el presente trabajo se analiza el caso reciente del municipio purépecha de Cherán.

La población purépecha de Cherán sufrió, entre 2006 y 2011, el saqueo sus bosques por parte de grupos armados, ante la indiferencia del gobierno. En respuesta a esta situación, la comunidad organizada protagonizó un levantamiento armado, que la convirtió, en México y el mundo, en el paradigma de la lucha de los pueblos indígenas por sus recursos naturales (Turati, 2012; Fuentes-Díaz y Paleta-Pérez, 2015). A pesar de la importancia social y mediática del tema (el hecho sirvió de referencia para los movimientos de autodefensa que aparecieron en 2013 en diferentes puntos del estado de Michoacán (Pérez-Caballero, 2015)), la superficie deforestada en Cherán no ha sido cuantificada hasta ahora de manera clara y objetiva. Las imágenes proporcionadas por satélites de observación

de la Tierra pueden constituir una opción para la cuantificación de la deforestación en este municipio, ya que han probado ser una herramienta de transparencia global en el sector forestal (Gorsevski *et al.*, 2012) y se han utilizado en numerosos estudios de cambio de uso de suelo (Teng *et al.*, 2008).

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue cuantificar la deforestación anual en el municipio de Cherán, entre 2006 y 2012, con el fin de proporcionar información clara y objetiva que contribuya a entender la situación sociopolítica de este municipio en el contexto actual de ingobernabilidad, violencia y pobreza. Se propone una metodología de construcción de mapas consistente en una clasificación no supervisada de imágenes satelitales de alta resolución, utilizando un criterio basado en el NDVI y la firma espectral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El municipio de Cherán, de población indígena y vocación forestal, es el más pequeño de los cinco que conforman la llamada Meseta Purépecha (19° 38' - 19° 51' N y 101° 52' - 102° 08' W) del estado de Michoacán de Ocampo, en México. Tiene una extensión territorial de 221.88 km². Su altitud varía entre los 2200 m snm y los 3299 m snm. El clima es templado sub-húmedo con lluvias en verano; la temperatura varía de 12 °C a 24 °C y la precipitación pluvial anual total va de 1000 mm a 1200 mm. Según el Censo de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2005), su población es de 18 141 habitantes, repartidos en tres núcleos urbanos: Cherán, Santa Cruz Tanaco y la pequeña comunidad de Casimiro Leco (El Cerecito). La vegetación característica es el bosque de pino (*Pinus sp.*), principalmente en las zonas montañosas; en la parte norte del municipio hay zonas bajas con vegetación de transición, principalmente arbustos y encinos (*Quercus sp.*).

Como otros municipios del estado, sufrió desde los años 90s la tala clandestina de sus bosques, frente a la

indolencia de las autoridades estatales y federales. En los últimos años el problema se agravó, por la combinación de diferentes factores: la falta de empleo, la aplicación de equipo especializado en corte y aserrío, la corrupción en la entrega de autorizaciones para el uso forestal de los bosques, el aumento del tráfico y consumo de drogas en la población joven, así como la penetración de la delincuencia en diferentes niveles del gobierno estatal y municipal, incluyendo la policía. Esta situación propició la proliferación de talamontes del propio municipio (se señala a los pobladores de Tanaco y El Cerecito) y de municipios cercanos (Nahuatzen, Uruapan, Zacapu y Chilchota), responsables de la extracción diaria de toneladas de madera y del aumento de las extorsiones a los habitantes. El 15 de abril de 2011, después de meses de enfrentamientos entre los talamontes y la población, los cheranenses decidieron asumir la defensa armada de su territorio y negarse a la celebración de comicios electorales en el municipio, previstos para el 11 de noviembre de ese mismo año (Ruíz, 2011; Turati, 2012).

Imágenes satelitales

Para la realización del trabajo se utilizaron en total 13 imágenes del satélite *Spot 5*: 9 multibanda (10 m) y 4 pancromáticas (2.5 m), con fechas de adquisición comprendidas entre 2004 y 2012. Las imágenes satelitales fueron concedidas para este trabajo en el marco del convenio ERMEXS - UMSNH 2012. En todos los casos se trata de imágenes correspondientes a la época de secas.

Metodología

El análisis de las imágenes se realizó con el programa informático ENVI 4.8 (Exelis, Visual Information Solutions, Inc.).

Preprocesamiento

Las imágenes multibanda fueron calibradas con respecto a las ganancias de los sensores, para pasar de valores digitales brutos a radianzas (valores proporcionados por Spotimage). Las imágenes calibradas se corrigieron

atmosféricamente con el modelo FLAAHS, para obtener reflectancias. Para cada fecha, se recortó la zona de estudio, considerando el límite oficial del municipio de Cherán, proporcionado por el Inegi.

Las imágenes de los años 2004, 2005 y 2006 no contienen el municipio completo. Dado que los problemas de deforestación son posteriores al 2006 y no hay cambios importantes en la cobertura entre estos años, se construyó un mosaico con las tres imágenes. Este mosaico constituye la imagen de referencia de la situación inicial del bosque y se considerará como la imagen de 2006.

Las imágenes del municipio de cada año se hicieron coincidir pixel a pixel con el mosaico de la fecha inicial, utilizando más de 300 puntos de control en cada caso, para lograr un error inferior a 1 pixel (función WARP de ENVI).

Clasificación

Se consideraron dos tipos de cobertura generales: *suelo*, que incluye tanto las zonas de suelo desnudo, como con poca vegetación, y *vegetación*, que corresponde principalmente a las zonas de bosque de pino y pino-encino, pero también de especies arbustivas y de matorral. Dado que las imágenes corresponden a época de secas, las parcelas de cultivo carecen de vegetación. Trabajar con un número pequeño de coberturas permite obtener mapas de mayor precisión (Teng *et al.*, 2008). En el caso del municipio de Cherán, donde la deforestación se produjo de forma rápida y el bosque denso pasó a ser suelo desnudo, es suficiente separar de manera general el suelo y la vegetación. Estos dos tipos de cobertura tienen firmas espectrales características y contrastantes (Guyot, 1997; Jones y Vaughan, 2010): Una vegetación densa presenta una reflectancia baja en el visible, con un máximo relativo en el verde y un mínimo en el rojo, en contraste con una reflectancia muy alta en el infrarrojo cercano (NIR), con un mínimo relativo en el infrarrojo medio (SWIR), en las bandas de absorción de la luz por el agua contenida en las hojas; su NDVI (índice de la diferencia normalizada, calculado como la diferencia entre las reflectancias en el rojo y el NIR, dividida por su suma (Chen, 1996)) es cercano a 1. Por su parte, un suelo



desnudo presenta una reflectancia creciente desde el visible al NIR y SWIR, y un valor de NDVI cercano a 0.

Para cada fecha se realizó una clasificación no supervisada de 20 clases, con un algoritmo *k-means* (Tou y González, 1974; Campbell, 2002; Lu y Weng, 2007; Shi y Ding, 2011; Baldeck y Asner, 2013). Una vez establecidas las clases, cada una de ellas se asignó a uno de los tipos de cobertura o categorías del mapa final. Con el fin de garantizar que los mapas obtenidos serían comparables entre sí, se definió un criterio objetivo de asignación de las clases (Campbell, 2002; Schulz *et al.*, 2010; Sexton *et al.*, 2013), para lo cual se obtuvo la firma espectral y el NDVI promedios de cada una de ellas. Entre las clases de cada año, ordenadas en orden creciente de NDVI, se estableció la separación entre los dos tipos de cobertura a partir de la observación de las firmas espectrales. Adicionalmente se realizó la verificación visual sobre las imágenes pancromáticas. Como resultado se obtuvieron los mapas anuales de cobertura *suelo/vegetación*, que se validaron con regiones de interés (entre 5000 y 8000 píxeles / clase / año, para los que resultaba evidente su pertenencia a uno de los tipos de cobertura) tomadas sobre las imágenes multi-

banda, con referencia a las imágenes pancromáticas correspondientes.

Análisis de los cambios

Se utilizó un árbol de clasificación para comparar, pixel a pixel, los mapas anuales, con el fin de determinar la superficie deforestada cada año, entendiendo como tal aquella que, habiendo sido clasificada como *vegetación* en todos los años anteriores, fue clasificada como *suelo* ese año. De esta forma se evitó considerar como reforestadas las zonas en las que se recuperó algo de vegetación, si bien, por el poco tiempo transcurrido desde la deforestación, no se puede considerar que se trate de bosque. Se obtuvo así mismo la superficie deforestada total en el periodo estudiado, tanto en valor absoluto (ha), como relativo a la superficie vegetal inicial (*vegetación* en el mapa 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los recortes correspondientes a 2006 y 2011; se observa la importante pérdida de bosque entre las dos fechas.

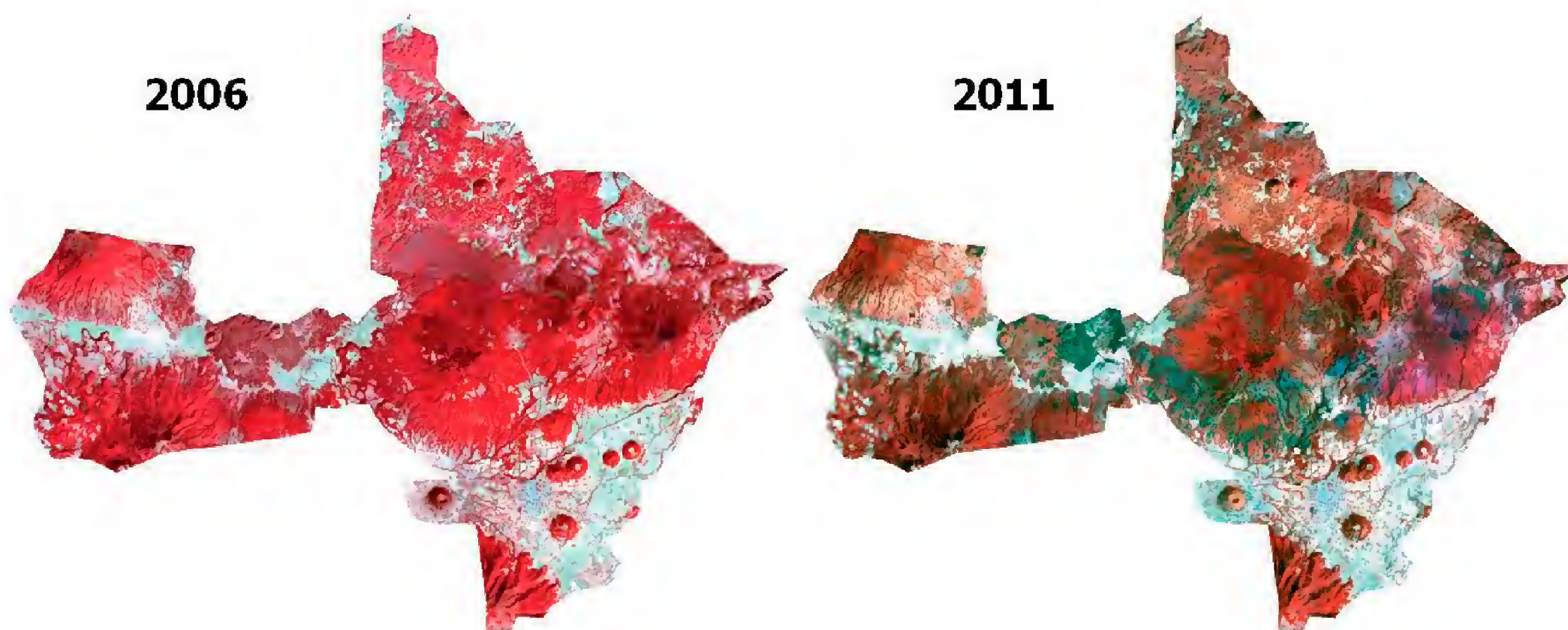


FIGURA 1. Imágenes *Spot 5* (10 m) del municipio de Cherán correspondientes a 2006 y 2011, visualizadas en falso color (R: banda 3 (infrarrojo cercano, NIR), G: banda 2 (rojo), B: banda 1 (verde)). La vegetación aparece en tono rojo, el suelo desnudo en cyan y las zonas deforestadas y en algunos casos quemadas, en azul verdoso.

Los NDVIS promedio de las 20 clases obtenidas con una clasificación no supervisada (*k-means*) de las imágenes preprocesadas de cada año (2006 a 2012) están en un intervalo de 0.2 a 0.9, siendo los valores más altos los correspondientes a los años en los que las imágenes son de los meses de invierno y los valores más bajos los del año 2011.

Se analizaron las firmas espectrales de cada una de las clases. Se observó que las clases con NDVI bajo presentaban una firma espectral característica de suelo, es decir, con un factor de reflectancia creciente con la longitud de onda. A partir de cierta clase (o cierto valor de NDVI), diferente para cada año, las firmas espectrales cambian, y se vuelven más parecidas a las de una vegetación, es decir, con una subida brusca entre el rojo y el NIR y una caída suave entre el NIR y el SWIR (no se observa un máximo en el verde con respecto al rojo, probablemente por la insuficiente corrección atmosférica, asociada a la falta de banda azul en las imágenes *Spot 5*). En algunos casos (2006, 2009, 2010), la separación se produce entre clases con NDVI similares, pero que presentan diferente firma espectral, lo que apoya la utilización del doble criterio.

La figura 2 muestra los mapas correspondientes a los dos tipos de cobertura, para cada año. La validación de estos mapas con regiones de interés (ROI) (una región por tipo de cobertura y por fecha) arrojó en todos los casos una precisión total de más de 90% (entre 92.76% para

2011 y 98.87% para 2010). En los mapas anuales se observó que hasta 2009 la mayor parte del municipio está cubierta de vegetación, salvo el centro-oeste y el sur, donde predominan las zonas agrícolas. En 2010 se observa una importante disminución de la cobertura vegetal, en particular en el centro y el norte del municipio. En 2011 se produce la mayor pérdida de bosque. En el mapa 2012 se observa la pérdida de algunas zonas de bosque y la recuperación de otras; esto último podría corresponder a un *pico de verde* (*peak of green*), fenómeno consistente en la aparición de abundante vegetación baja el año siguiente de un incendio forestal (Vogelmann *et al.*, 2011).

Comparando los mapas anuales consecutivos con un árbol de decisión, se obtuvo el mapa de cambios de la figura 3; los valores se muestran en la tabla 1. El periodo entre 2008 y 2009 fue el de menor deforestación, seguido por el periodo 2011 a 2012, cuando la comunidad tenía el control de la zona. En el año 2011 se dio la mayor pérdida absoluta, que además corresponde a la superficie más cercana al centro urbano de Cherán. En total se perdieron 9069.35 ha, en 6 años, lo que representa un promedio de 1500 ha/año y corresponde a un porcentaje de cambio de bosque de 71.24% de las 12 730.48 ha de bosque que tenía Cherán en 2006, equivalente a una tasa de cambio de -18%. El porcentaje de superficie afectada en Cherán es similar a la pérdida de más de 74% de la cobertura forestal que se dio en el estado de Michoacán entre 1974 y

TABLA 1: Superficie deforestada anualmente entre 2006 y 2012, en el municipio de Cherán, Mich., así como el valor acumulado cada año y el porcentaje que representan estos valores con respecto a superficie de bosque en la fecha inicial de referencia (2006).

Periodo	Superficie deforestada (ha)	Superficie deforestada acumulada (ha)	% Superficie defores- tada/vegetación 2006	% Superficie deforestada acumulada/vegetación 2006
De 2006 a 2007	1566.29	1566.29	12.30	12.30
De 2007 a 2008	1125.71	2692.00	8.84	21.15
De 2008 a 2009	665.94	3357.94	5.23	26.38
De 2009 a 2010	1794.44	5152.38	14.10	40.47
De 2010 a 2011	2815.02	7967.40	22.11	62.59
De 2011 a 2012	1083.54	9050.94	8.51	71.10

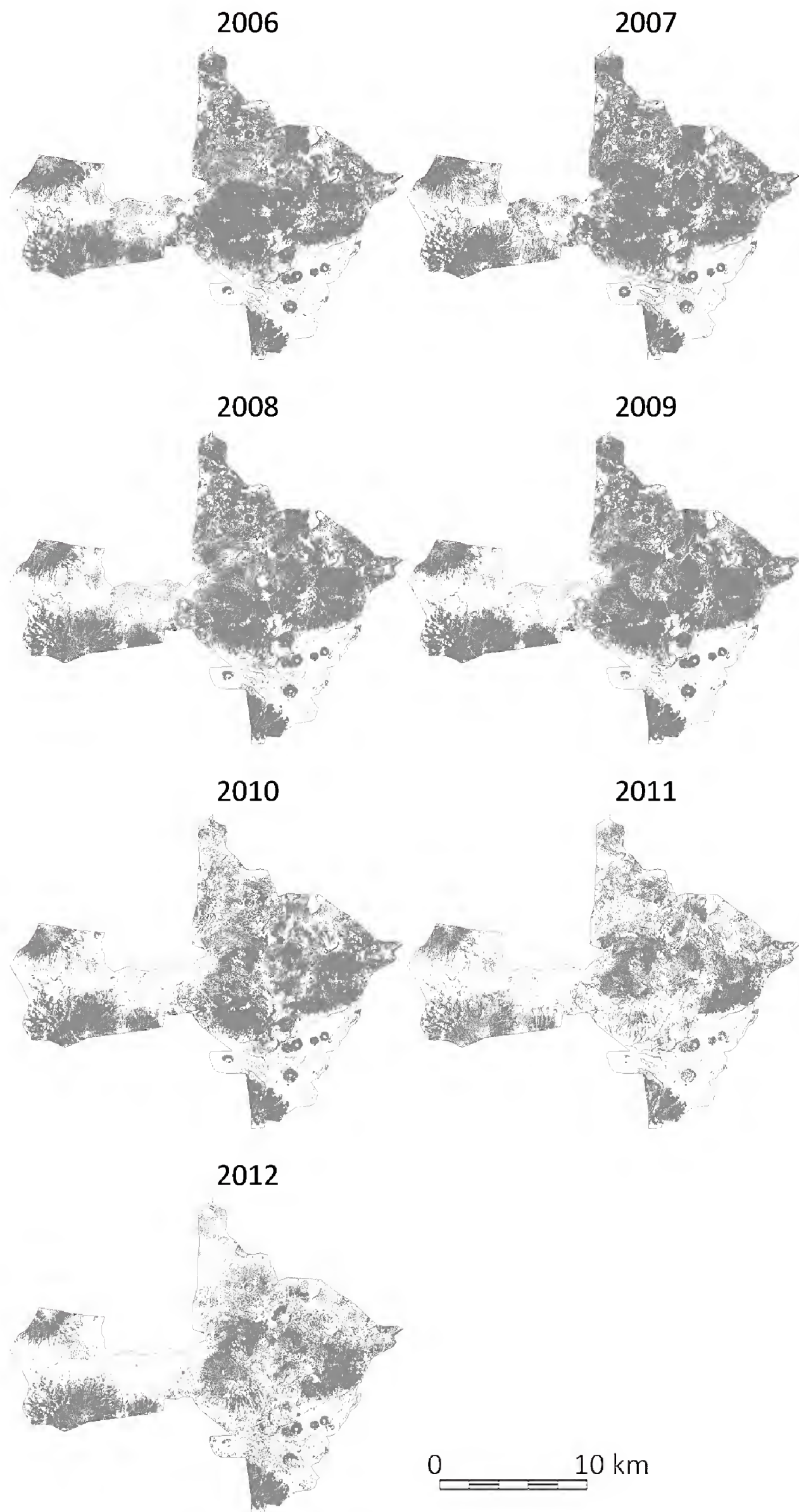


FIGURA 2. Mapas de cobertura *suelo* (blanco) / *vegetación* (gris) del municipio de Cherán, Mich. Para los años 2006 a 2012.
Generado con datos provenientes de la “ERMEXS-UMSNH 2012”.

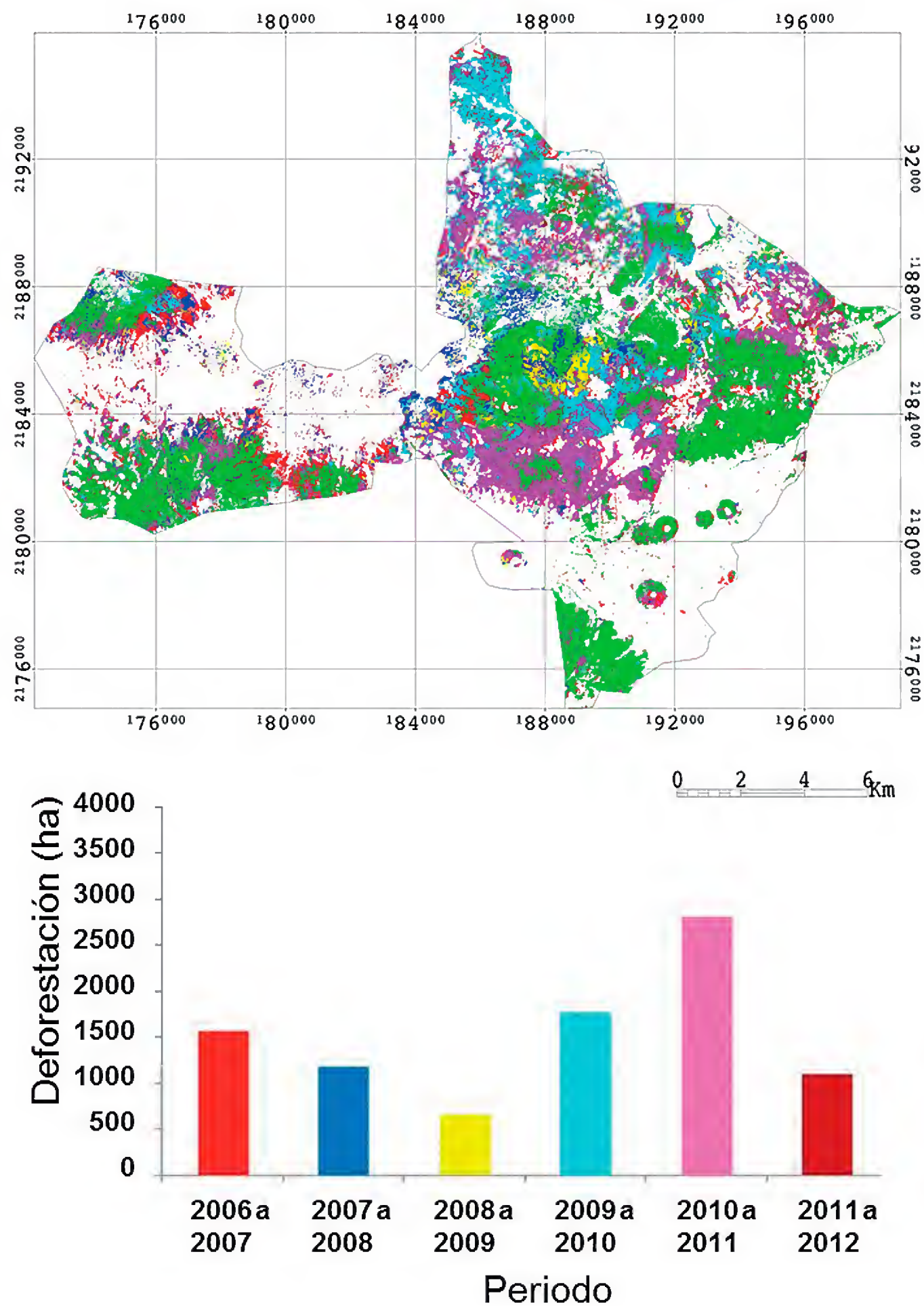


FIGURA 3. Mapa de deforestación anual en el municipio de Cherán, Mich., entre los años 2006 y 2012. En verde la vegetación no deforestada presente en 2012 (3661 ha).

Generado con datos provenientes de la "ERMEXS-UMSNH 2012".

2008 por la expansión del cultivo de aguacate; 40% del bosque perdido pertenecía a la Meseta Purépecha, donde se encuentra el principal centro productivo (Tejera *et al.*, 2013). Hasta ahora este proceso de "aguacatización" no se ha dado en Cherán ni en los municipios circunvecinos,

porque las condiciones agroecológicas no son las más aptas para este cultivo; sin embargo, no se descarta la posibilidad de que se intente introducir en alguna zona, debido a su alto rendimiento. En Cherán se produjo, en seis años, una deforestación equivalente (superior a 70%)



a la que se estima que habrán acumulado entre 1950 y 2050, a nivel mundial, diferentes biomas, como el bosque y matorral mediterráneos, el bosque templado, así como el bosque seco caducifolio, las sabanas, los pastizales, los matorrales y los bosques de coníferas tropicales y subtropicales (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Como en la mayoría de los casos de deforestación, se pueden identificar tres o cuatro causas indirectas o subyacentes que están controlando dos o tres causas directas (Geist y Lambin, 2002): la extracción de madera para su comercialización y, quizás en algunas zonas del municipio, la intención de extender la agricultura, están dirigidas por factores políticos o institucionales (en un contexto de ingobernabilidad y delincuencia), así como económicos (por la falta de trabajo y la situación de pobreza), tecnológicos (como el uso de motosierras) y culturales (ligados al complejo contexto de las poblaciones indígenas) (Franco-Mendoza, 1996).

Muchas de las zonas taladas en Cherán fueron también quemadas, en particular en 2011; según la población, “los talamontes quemaban con el objetivo de causar miedo para facilitar su huida”. En la figura 4 se muestran, como ejemplo del proceso de deforestación, los recortes de imágenes pancromáticas de dos zonas del municipio, en 2005 (con arbolado denso, no perturbado), 2010 (con partes deforestadas, recién quemadas) y 2011 (la zona deforestada se ha extendido y se está quemando; se pueden apreciar las nubes de humo presentes en el momento del paso del satélite, así como los brillos en el suelo por las cenizas aún calientes). Esto evidencia que se trata de un proceso paulatino de destrucción del bosque, que además de la tala incluye quema. Si bien el fuego favorece la germinación de las semillas de algunos árboles y propicia el crecimiento del pasto que sirve de alimento al ganado, sus efectos destructivos sobre la biodiversidad son enormes: reduce rápidamente la vegetación natural, debilita a las especies forestales, afecta la reproducción de los organismos silvestres, compacta el suelo y elimina la hojarasca de la superficie, lo que afecta el ciclo hidrológico, mineraliza la materia orgánica, acelera la descomposición del carbono en el suelo y su liberación a la atmósfera, etc.

(Orozco-Hernández *et al.*, 2011). En 2013, Chalacha-Gaona y Rendón-Carmona (2014) realizaron un estudio comparativo entre zonas taladas, y taladas y además quemadas, en el municipio de Cherán, encontrando importantes diferencias: en los sitios talados, 98% de los árboles que quedaban (principalmente encinos) y 14 % de los tocones, estaban vivos, en contraste con 57% y 4%, respectivamente, de los sitios talados y quemados; en cuanto a la regeneración, en los sitios talados se contabilizaron 6 plantas arbustivas y 0.8 plántulas de especies arbóreas por metro cuadrado, en contraste con 4 y 0.3, respectivamente, en los sitios talados y quemados. Estos datos reflejan una situación ecológica muy crítica, principalmente en las zonas quemadas.

Entre los aspectos más relevantes del caso Cherán destaca la negativa de la comunidad a celebrar los comicios electorales de noviembre 2011 y a aceptar un gobierno local partidista. Fue especialmente significativo el hecho de que la Sala Superior del Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación (TEPJF) (el Instituto Electoral de Michoacán (IEEM) se declaró incompetente) resolviera a favor del municipio de Cherán sobre la protección de sus derechos político-electorales para ejercer la libre determinación y establecer un Concejo Mayor como máximo órgano de gobierno (Ibarra y Castillo-Vaquera, 2014). Si bien los principios rectores de los derechos de los pueblos indígenas, entre ellos la libre determinación, el derecho a la consulta previa, libre e informada y los usos y costumbres, están reconocidos en la Constitución Política Mexicana desde 2001, así como en tratados internacionales firmados por México, en la práctica estos derechos no se ejercen en su totalidad. Esta acción del TEPJF fue vista como un intento de apertura y respeto hacia los pueblos indígenas y, desde entonces, otras comunidades han tenido mayor acercamiento con el TEPJF y han comenzado a intentar esta vía judicial para ejercer su derecho al autogobierno (Bárcenas, 2016).

CONCLUSIONES

En el presente trabajo, basado en el análisis de imágenes satelitales *Spot* de alta resolución, se pudo constatar la pérdida de superficie forestal en el municipio de Cherán, año

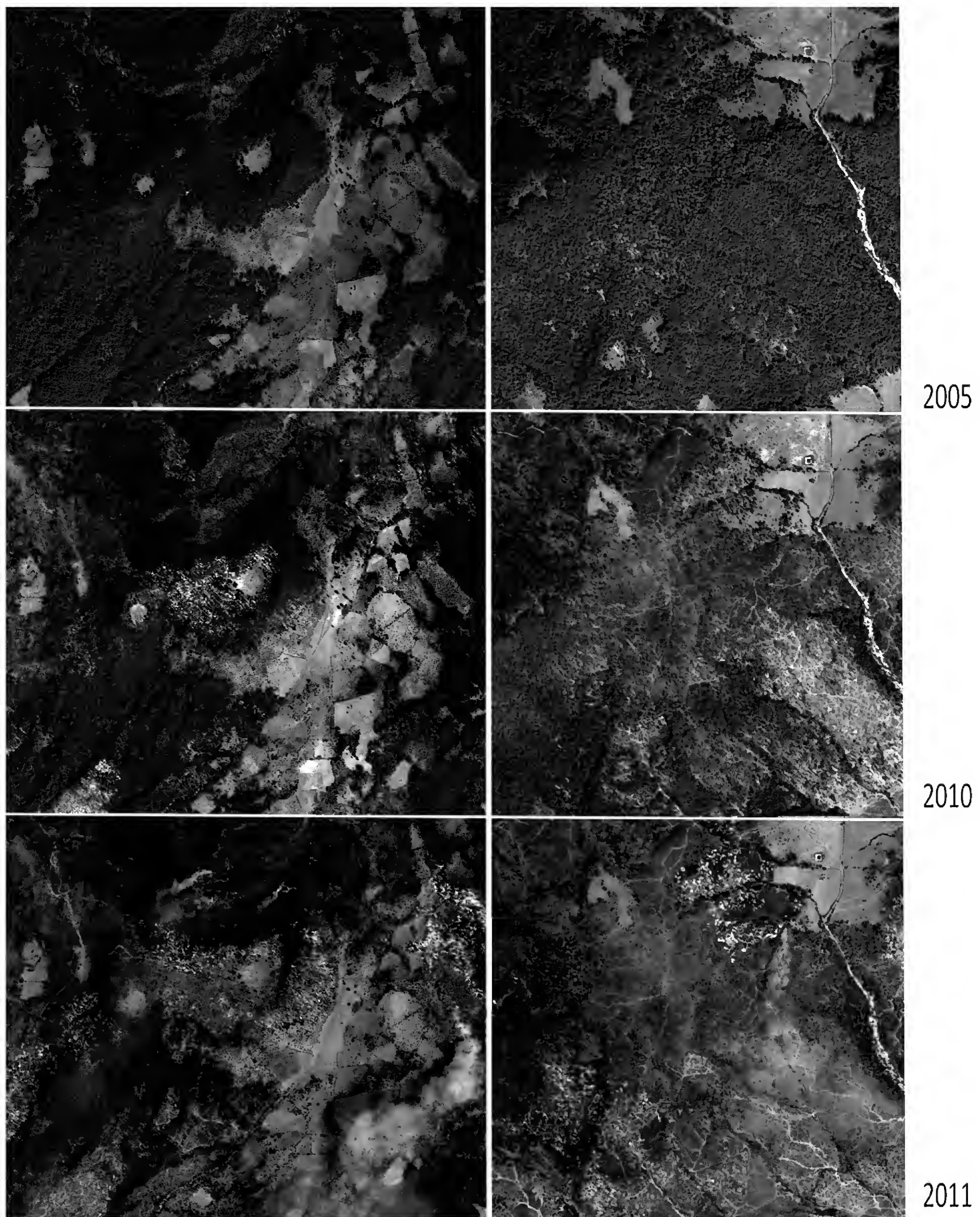


FIGURA 4. Fragmentos de imágenes pancromáticas *Spot 5* (2.5 m) de los años 2005, 2010 y 2011, correspondientes a dos zonas dentro del municipio de Cherán, Mich., como ejemplo del proceso de deforestación y quema del bosque. Se observan nubes de humo y cenizas aún calientes.

© CNES 2012, producida por ERMEXS-UMSNH bajo licencia de "SPOT IMAGE, S. A."



con año entre 2006 y 2012, principalmente en 2011 (2815 ha). En el periodo estudiado la superficie vegetal total pasó de 12 730 ha a 3661 ha, es decir quedó reducida a menos de un tercio de su extensión inicial. En las imágenes se constata que las zonas deforestadas fueron después quemadas, lo que puede tener implicaciones en el proceso de restauración. Se pueden identificar como posibles causas de la deforestación la comercialización ilegal de madera y la expansión de la agricultura, en el complejo contexto de ingobernabilidad, delincuencia y pobreza en el que se encuentran las poblaciones indígenas de Michoacán. Se desconoce quién es responsable de la tala y la quema de los bosques y las autoridades no parecen tener interés en investigarlo; mientras tanto, la comunidad está concentrada en realizar un gran esfuerzo por restaurar el bosque y repensar su futuro.

RECONICIMIENTOS

Las imágenes *Spot* utilizadas fueron proporcionadas en el marco del convenio ERMEXS - UMSNH 2012.

REFERENCIAS

- Ameth, E. 2015. Los cárteles más violentos de México. *Forbes México*, 10 abril 2015. Obtenido en <http://www.forbes.com.mx/los-carteles-mas-violentos-de-mexico/>
- Baldeck, C.A. y G.P. Asner. 2013. Estimating vegetation beta diversity from airborne imaging spectroscopy and unsupervised clustering. *Remote Sensing* 5:2057–2071. doi:10.3390/rs5052057
- Bárcenas, E. Entrevista publicada por Agencia Quadratín en: <https://www.quadratin.com.mx/regiones/Desde-caso-Cheran-comunidades-tuvieron-mas-acercamiento-TEPJF/>, 12 de enero 2016
- Barranquero, A., B. Rivela-Carballal, C. Tangianu, M. Mantini, M. Di Donato, N. Del Viso y S. Álvarez-Cantalapiedra. 2010. Cultura, ambiente y cooperación internacional al desarrollo. Líneas estratégicas de acción cultural en materia ambiental. 1ª ed. CIP-Ecosocial (FUHEM) Madrid. 143 p. Obtenido en <http://www.fuhem.com/media/ecosocial/File/Proyecto%20Cultura%20y%20Ambiente/CULTURA%20Y%20AMBIENTE.pdf>
- Bottazzi, P. y H. Dao. 2013. On the road through the Bolivian Amazon: a multi-level land governance analysis of deforestation. *Land Use Policy* 30(1):137–146. doi:10.1016/j.landusepol.2012.03.010
- Campbell, J.B. 2002. Introduction to Remote Sensing. : The Guilford Press. Nueva York, EUA. 621 p.
- Casar, M.A. 2015. México: Anatomía de la corrupción. 1ª ed. Centro de Investigación y docencia Económicas (CIDE), Instituto Mexicano para la competitividad A.C. (IMCO). México DF. 64 p. Obtenido en http://www.cide.edu/wp-content/uploads/2015/05/MXAnatomiadelaCorrupcion_MariaAmparoCasar.pdf
- Ceddia, M.G., N.O. Bardsley, S. Gomez-y-Paloma y S. Sedlacek. 2014. Governance, agricultural intensification, and land sparing in tropical South America. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(20):7242–7247. doi:10.1073/pnas.1317967111
- Chalacha-Gaona, A. G. y Rendón-Carmona H., 2014. Efectos provocados por el corte y fuego en bosques templados: el caso de Cherán, Michoacán. Memorias del VI Congreso Forestal Latinoamericano. Morelia, Michoacán, México, 20 – 24 Octubre 2014.
- Chen, J.M. 1996. Evaluation of vegetation indices and a modified simple ration for Boreal applications. *Canadian Journal of Remote Sensing* 22:229–241. Obtenido de <http://ftp2.cits.nrcan.gc.ca/pub/geotitles/pubs/218/218303/1526.pdf>
- DOF (Diario Oficial de la Federación). Programa especial de los Pueblos Indígenas 2014-2018. 30/04/2014. 37 p. Obtenido en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343116&fecha=30/04/2014
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. State of the World's Forest. 164 p. Obtenido en <http://www.fao.org/docrep/013/i2000e/i2000e.pdf>
- Fuentes-Díaz, A. y G. Paleta-Pérez. 2015. Violencia y autodefensas comunitarias en Michoacán, México. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales* 53:171–186. doi:10.17141/iconos.53.2015.1702
- Franco-Mendoza, M. 1996. La cultura de las etnias michoacas y su participación en el desarrollo social. *Relaciones*

- 63/64:29–48. Obtenido en : <http://www.colmich.edu.mx/relaciones25/index.php/numeros-antteriores/10-articulos/1076-articulo-64-63-la-cultura-de-las-etnias-michoacanas-y-su-participacion-en-el-desarrollo-social>
- Geist, H.J. y E.F. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* 52(2):143–150. doi:10.1016/j.forpol.2014.05.007
- Gorsevski, V., E. Kasischke, J. Dempewolf, T. Loboda y F. Grossmann. 2012. Analysis of the impacts of armed conflict on the Eastern Afromontane forest region on the South Sudan - Uganda border using multitemporal Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment* 118:10–20. doi:10.1016/j.rse.2011.10.023
- Guyot, G. (1997). Climatologie de l'environnement: De la plante aux écosystèmes. Masson. Paris, Francia, 505 p.
- Hurtado-González, L.E. y J.L. Delgado-Valdez. 2013. La guerra contra la delincuencia organizada durante el sexenio 2006-2012 y el respeto a los derechos humanos en México. Investigación Universitaria Multidisciplinaria: *Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar* 12:53–68. Obtenido en <http://dialnet.unirioja.es/emplar/369431>
- Ibarra, M.I. y Castillo-Vaquera. 2014. Las elecciones de Cherán: usos y costumbres excluyentes. *Revista Mexicana de Derecho Electoral* 5:263–283. Obtenido en: <http://biblio.juridicas.unam.mx/revista/pdf/DerechoElectoral/5/ej/ej9.pdf>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2005. II Conteo de Población y Vivienda. Consultado el 10-02-2013 en <http://www.inegi.org.mx/Sistemas>
- Jones, H.G. y R.A. Vaughan. 2010. Remote sensing of vegetation. Principles, techniques, and applications. Oxford University Press. Nueva York, EUA., Kaufmann, D., A. Kraay y M. Mastruzzi. 2009. Governance matters VIII: aggregate and individual governance indicators, 1996-2008. World Bank policy research working paper, (4978). Obtenido en http://www.estafaluz.com/documentos/estafa/worldwide_governance_indicators_1996_2008.pdf
- Lu, D., y Q. Weng. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing* 28(5):823–870. doi:10.1080/01431160600746456D
- Madrid, L., J.M. Núñez, G. Quiroz e Y. Rodríguez. 2009. La propiedad social forestal en México. *Investigación ambiental* 1(2):179–196. Obtenido en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/627.pdf#page=68>
- Maldonado-Aranda, S. 2012. Drogas, violencia y militarización en el México rural. El caso de Michoacán. *Revista mexicana de sociología* 74(1):5–39. Obtenido en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rms/v74n1/v74n1a1.pdf>
- McSweeney, K., E.A. Nielsen, M.J. Taylor, D.J. Wrathall, Z. Pearson, O. Wang, y S.T. Plumb. 2014. Drug policy as conservation policy: narco-deforestation. *Science* 343(6170): 489–490. doi: 10.1126/science.1244082
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being synthesis. Island Press. Washington, DC. Obtenido en <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Navarrete-Linares. 2008. Los pueblos indígenas de México. 1ª ed. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México DF. 140 p. Obtenido en <http://www.cdi.gob.mx>.
- Orozco-Hernández, M.E., P. Mireles-Lezama, M.E. Valdez-Pérez y V. Peña-Majarrez. 2011. Incendios forestales y degradación de los ecosistemas terrestres: impactos locales y emisiones globales. Exploración de la situación en el Estado de México. *Revista Geográfica de América Central* Número Especial EGAL. Pérez-Caballero, J. 2015. Autodefensas michoacanas, variante regional de la «guerra al narcotráfico» en México. *Revista CIDOB d'afers internacionals*, 110:165–188. Obtenido en <http://www.raco.cat/index.php/RevistaCIDOB/article/view/299154/388455>
- Redo, D.J., H.R. Grau, T.M. Aide y M.L. Clark. 2012. Asymmetric forest transition driven by the interaction of socioeconomic development and environmental heterogeneity in Central America. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(23):8839–8844. doi:10.1073/pnas.1201664109
- Ruíz, J. 2011. El caso Cherán. Publicado en Zoom Politikon de LaHuesuda.com el 12 de Mayo de 2011. Consultado en <http://espressodopio.wordpress.com/2011/05/12/el-caso-cheran/> el 16 de Octubre 2014.



- Schulz, J.J., L. Cayuela, C. Echeverría, J. Salas y J.M. Rey-Benayas. 2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography* 30:436–447. doi:10.1016/j.apgeog.2009.12.003
- Sexton, J.O., D.L. Urban, M.J. Donohue y C. Song. 2013. Long-term land cover dynamics by multi-temporal classification across the Landsat-5 record. *Remote Sensing of Environment* 128:246–258. Obtenido en <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2012.10.010>
- Shi, W. y H. Ding. 2011. A probability model based method for land cover change detection using multi-spectral remotely sensed images. *Photogrametrie-Fernerkundung-Geoinformation*, 4:271–280. doi: 10.1127/1432-8364/2011/0088
- Tejera H, B., A. Santos O., H. Santamaría Q., T. Gómez M. y C. Olivares V. 2013. El oro verde en Michoacán: ¿un crecimiento sin fronteras? Acercamiento a la problemática y retos del sector aguacatero para el Estado y la sociedad. *Economía y sociedad. Crecimiento económico y políticas públicas* 29:15-40. Obtenido en http://148.216.28.15/publicaciones/rev_ecosoc/wp-content/uploads/2014/04/EyS_29.pdf
- Teng, S.P., Y.K. Chen, K.S. Cheng y H.C. Lo. 2008. Hypothesis-test-based land cover change detection using multi-temporal satellite images: A comparative study. *Advances in Space Research* 41:1744–1754. doi:10.1016/j.asr.2007.06.064
- Tou, J.T. y R.C. González. 1974. *Pattern Recognition Principles*. Addison-Wesley Publishing Company. Reading, Massachusetts, EUA.
- Turati, M. 2012. Cherán y su rebelión contra la mafia michoacana. *Proceso*, 1864. Consultado en <http://www.proceso.com.mx/314688/cheran-y-su-rebelion-contra-la-mafia-michoacana> el 2 de febrero de 2016
- Vogelmann, J.E., J.R. Kost, B. Tolk, S. Howard, K. Short, X. Chen, C. Huang, K. Pabst y M. G. Rollins. 2011. Monitoring landscape change for LANDFIRE using multi-temporal satellite imagery and ancillary data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 4(2):252–264. doi:10.1109/JSTARS.2010.2044478
- White, A. y A. Martin. 2002. ¿De quién son los bosques del mundo? Tenencia forestal y bosques públicos en transición. 1a ed. Forest Trends, Center of International Environmental Law, Washington, DC. 42 p. Obtenido en <http://www.ccmss.org.mx/descargas/dequien.pdf>

Manuscrito recibido el 27 de octubre de 2014.

Aceptado el 3 de febrero de 2016.

Este documento se debe citar como:

España-Boquera, M.L. y O. Champo-Jiménez. 2016. Proceso de deforestación en el municipio de Cherán, Michoacán, México, (2006-2012). *Madera y Bosques* 22(1):141-153.



Ordenamiento ecológico territorial de Guadalupe Cuautepec, San Juan Bautista Suchitepec, Oaxaca, desde una perspectiva técnica y comunitaria

Ecological Zoning of Guadalupe Cuautepec, San Juan Bautista Suchitepec,
Oaxaca, from a technical and community perspective

Gabriela Álvarez-Olguín^{*}, Fidencio Sustaita-Rivera¹, Gilberto Bautista-Sánchez¹ y Eucebio César Pedro-Santos¹

¹ Instituto de Hidrología, Universidad Tecnológica de la Mixteca. * Autor de correspondencia: galvarez@mixteco.utm.mx

RESUMEN

En la comunidad de Guadalupe Cuautepec, la deforestación, el sobrepastoreo y las prácticas agrícolas insostenibles, han provocado la erosión del suelo y en consecuencia el azolvamiento de la laguna ubicada en la localidad. Con el fin generar información básica para la creación de estrategias de protección de este cuerpo de agua, se elaboró un ordenamiento ecológico territorial a partir del diagnóstico de los recursos agua, suelo y vegetación, de la comunidad. Desde el punto de vista técnico se realizó una caracterización socioeconómica y biofísica; esta última incluyó aspectos sobre: geomorfología, hidrología, geología, edafología, vegetación, erosión, uso potencial del suelo, conflictos de uso e inestabilidad de suelos. Por otro lado, se llevó a cabo un diagnóstico rural participativo, en el que se identificaron los problemas más relevantes relacionados con los recursos naturales y las acciones que la comunidad realizará para el manejo sustentable de los mismos. Se establecieron objetivos de alta prioridad para lograr el manejo sustentable de los recursos naturales, entre los que están: realizar obras para la conservación de suelos, controlar el aprovechamiento forestal y reforestar zonas sin vegetación. Se estimó que 77.8% del territorio de Cuautepec, presenta alto y muy alto riesgo de erosión, con índices superiores a 50 t/ha/año. Se determinó que los terrenos más erosionados con necesidades de restauración abarcan 609.34 ha y que la superficie prioritaria a reforestar es de 439.52 ha.

PALABRAS CLAVE: conflictos de uso, diagnóstico rural participativo, erosión del suelo, región Mixteca, uso potencial del suelo.

ABSTRACT

In the Guadalupe Cuautepec community, deforestation, overgrazing and unsustainable agricultural practices, have caused soil erosion and hence the siltation of the lagoon located in the town. In order to generate basic information to create protective strategies to this water body, an ecological zoning was developed from the diagnosis of this community resources: water, soil and vegetation. From the technical point of view a socioeconomic and biophysical characterization was performed; the latter included geomorphological, hydrologic, geological, soil, vegetation, erosion, potential land use, land use conflicts and ground instability. On the other hand, a participatory rural appraisal was conducted, in which the most relevant problems related to natural resources and the community actions needed for the sustainable management of such resources were identified. Top priority targets were set to achieve sustainable management of natural resources, among which are: soil conservation works, controlled logging activities and reforestation of non-vegetated areas. It was estimated that 77.8% of the Cuautepec territory presents high and very high risk of erosion, with indices above than 50 t/ha/ year. It was determined that the most eroded lands in need of restoration cover 609.34 ha, and that the priority area to reforest is 439.52 ha.

KEYWORDS: land use conflicts, participatory rural appraisal, soil erosion, Mixteca region, potential land use.

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son elementos indispensables para la existencia humana, sin embargo, la presión que se ejerce sobre estos tiene efectos negativos sobre el ambiente. En México, los problemas de degradación de suelos, deforestación, sobreexplotación de recursos hídricos y pérdida de biodiversidad, dejaron de considerarse como simples datos estadísticos para constituir la causa de numerosos conflictos sociales (Cloter, 2004). El país conserva solo aproximadamente 50% de su cobertura de vegetación natural y se han perdido 127 especies vegetales y animales de las que 74 (58.2%) eran endémicas (Conabio, 2009).

En la región Mixteca, los índices de deforestación y degradación del suelo son muy elevados, motivados por una agricultura insostenible y el sobrepastoreo (Blanco *et al.*, 2001). El constante cambio de uso de suelo ha generado en forma paulatina la pérdida de la cobertura vegetal, la cual protege al suelo de la erosión, favorece los procesos de infiltración y la recarga de los acuíferos. La comunidad de Guadalupe Cuauhtémec del municipio de San Juan Bautista Suchitepec, Oaxaca, no está aislada de esta problemática; no obstante sus habitantes han realizado diversas actividades para la restauración y conservación de sus recursos naturales, motivados por la necesidad de proteger, contra el azolvamiento, a la laguna que se encuentra en esta localidad. En 1998 iniciaron las actividades, con la exclusión del pastoreo de un área de 100 ha, y en 2007 se construyeron dos obras para retener sedimentos en corrientes que desembocan en la laguna. Si bien, estas acciones han ayudado a disminuir la entrada de sedimentos al cuerpo de agua, podrían ser inefficientes dado que no tienen un respaldo técnico que las justifique. Por lo anterior, la solución de los problemas de degradación se debe basar en el conocimiento del estado actual de los recursos naturales en la comunidad, no obstante, en el diagnóstico de los mismos un factor clave es la participación de los miembros de la comunidad. En el diagnóstico participativo se identifican los problemas que la comunidad considera más importantes, a través de la interacción de la comunidad no solo diagnóstico, sino también en el seguimiento y evaluación del proceso participativo (Expó-

sito, 2003; Osorio y Contreras, 2009). El ordenamiento ecológico territorial podrá ser utilizado por los habitantes de Cuauhtémec como base para la planeación de actividades de protección de la laguna contra el azolvamiento, así como para la restauración y conservación de los recursos naturales.

OBJETIVO

Elaborar el ordenamiento ecológico territorial de Guadalupe Cuauhtémec, con base en el diagnóstico biofísico y socioeconómico de la localidad, desde una perspectiva comunitaria y utilizando técnicas de percepción remota.

MATERIALES Y MÉTODOS

Guadalupe Cuauhtémec es una localidad que pertenece al municipio de San Juan Bautista Suchitepec, Oax.; tiene un territorio de 2493.9 ha, comprendido entre las coordenadas geográficas 97° 41' 33.5" y 97° 37' 17.9" longitud Oeste, y 18° 3' 56.4" y 17° 59' 47.3" latitud Norte. Limita al norte con Santiago Chazumba, al noreste con Santa Catarina Zapotilla, al noroeste con San Pedro y San Pablo Tequixtepec y al suroeste con Santiago Miltepec (Fig. 1). Esta zona corresponde a la región Mixteca, que se caracteriza por un relieve intrincado y de diversa fisonomía, tanto por altitud como por el estilo morfoestructural; además, pertenece a la subprovincia fisiográfica de montañas y valles del Occidente de Oaxaca (García-Mendoza, 2004).

La caracterización socioeconómica se llevó a cabo a partir de datos de Inegi (2010). Los aspectos considerados fueron: población, educación, vivienda y servicios básicos, salud, uso del agua, organización local, infraestructura vial y de transporte, actividades productivas y fuentes de empleo.

La caracterización biofísica del territorio realizada a través de técnicas de percepción remota, consistió en determinar los aspectos sobre: geomorfología, hidrología, geología, edafología, vegetación, erosión, uso potencial y conflictos de uso del suelo. Para caracterizar los tipos de vegetación y suelo, se definieron 3 transectos en dirección Este a Oeste considerando la poligonal que define los

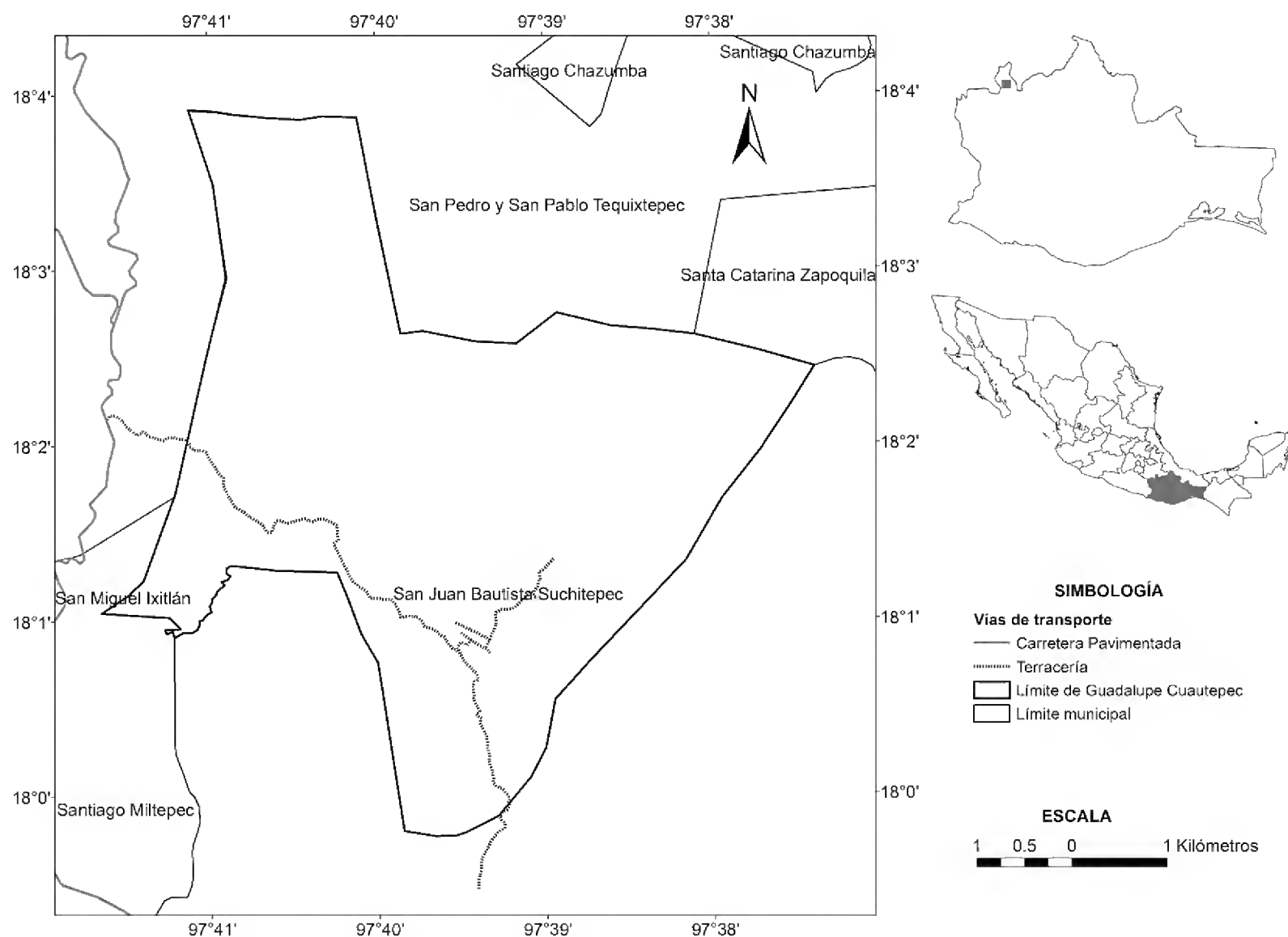


FIGURA 1. Localización del área de estudio.

terrenos de la comunidad y empleando ortofotos digitales escala 1:20 000, sobre las cuales se ubicaron 12 sitios de muestreo.

Las magnitudes físicas (curva hipsométrica, pendiente del terreno y de los cauces principales) de tres microcuencas que inciden en el territorio de Guadalupe Cuauhtec, se obtuvieron a partir de un modelo de elevación digital de Inegi (2003) con resolución de 30 m, manipulado con el programa ArcGis versión 9.1. El parteaguas y la red de drenaje de las microcuencas, se trazaron sobre el producto digital “SPOTView” del área estudiada, el cual corresponde a una imagen de satélite del SPOT 5 y procesada con el formato DIMAP. La fecha de toma de la imagen es del 20 de enero de 2010, con identificación K592/J314, a color y 2.5 m de resolución.

La erosión del suelo, se determinó empleando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (EUPS), que considera la pérdida potencial del suelo por erosión hídrica (Ecuación 1).

$$A = R K L S C P \quad (1)$$

Donde:

- A = promedio anual de pérdida de suelo ($t\ ha^{-1}$).
- R = factor de erosividad de la lluvia ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$).
- K = factor de erosionabilidad del suelo ($t\ ha\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}\ ha^{-1}$).
- LS = factor de longitud y grado de pendiente (adimensional).
- C = factor de manejo de cultivos (adimensional).
- P = factor de prácticas mecánicas de control de erosión (adimensional).

El índice de erosividad de la lluvia se calculó con la ecuación (2) en la que la intensidad de la lluvia se cuantificó a partir de datos pluviales registrados en la estación Cristo Rey, ubicada en Cuauhtec, a cargo de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

$$R = \sum_{i=1}^n (EI_{30})_i \quad (2)$$

$$EI_{30} = 0.11897 + 0.0873 \log II_{30} \quad (3)$$

Donde:

EI_{30} = índice de erosividad para un evento i .

E = energía cinética total de la lluvia (MJ ha^{-1}).

I_{30} = intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos (mm h^{-1}).

n = número de eventos durante el año.

El factor erosionabilidad del suelo (K) depende de la textura, estructura, contenido de humedad y contenido de materia orgánica de los suelos. El factor K se obtuvo a partir de la unidad de suelo y su textura de los suelos del área de estudio, según la metodología de FAO (1980).

El factor longitud y grado de pendiente (LS) se obtuvo con el álgebra de mapas de ArcGIS versión 9.1, a partir del modelo de elevación digital (MED). El mapa de pendiente (S) se calculó con el módulo "slope" y se aplicó la ecuación (4) en la que el valor λ se fijó en 30, que es la resolución del MED ; la constante m fue de 0.5.

$$LS = (\lambda/22.1)^m (0.65 + 0.145S + 0.0065S^2) \quad (4)$$

Finalmente, el factor C se obtuvo a partir de información propia generada en recorridos detallados de campo, pues la información digital de Inegi no fue de utilidad para este estudio, debido a la escala de trabajo con la cual se generó el mapa de uso actual del suelo. El factor P se consideró igual a 1, ante la falta de obras de conservación de suelos en la mayor parte del territorio.

Los conflictos de uso de la tierra surgen cuando el uso actual de la tierra es diferente de su capacidad de uso (uso potencial), entendida como el potencial del suelo para soportar actividades agropecuarias y forestales a largo plazo y que si se realizan adecuadamente no afectan la capacidad productiva del suelo. El conflicto de uso permite comparar el uso actual y el uso potencial del suelo, para identificar áreas que pueden degradarse como consecuencia de usos inadecuados, así como para planificar

actividades de manejo de los recursos naturales. Este conflicto se origina por sobreuso debido a actividades agrícolas o ganaderas en tierras de capacidad forestal; así como por uso agrícola, ganadero o plantaciones forestales en tierras de capacidad de protección, entre otras.

Para la determinación del uso potencial del suelo se empleó la clasificación conocida como capacidad agrológica, propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (Klingebiel y Montgomery, 1961).

La clasificación agrológica consiste en caracterizar el territorio, basado en las limitantes que presente el suelo y el grado o magnitud estimada de la limitante, de tal manera que se generan ocho clases donde las limitaciones del suelo en cuanto al uso aumentan progresivamente desde clase I a la VIII en términos del uso agrícola más intensivo posible. Los suelos en una unidad de capacidad son lo suficientemente uniformes para producir clases similares de cultivos, con tratamientos similares de manejo, requerimientos similares conservacionistas y productividad potencial comparable.

Las propiedades de los suelos que afectan el uso potencial se infirieron de la morfología y características asociadas (pendiente, erosión actual, pedregosidad o rocosidad, riesgo de inundación) que generan grupos de unidades de capacidad con los mismos problemas principales de conservación, tales como: erosión, escurrimiento, exceso de agua, limitaciones en zona radicular o limitaciones climáticas.

Se elaboró una matriz de asignación de usos mediante el empleo de ArcGIS 9.1, que consistió en cruzar las categorías del mapa de uso potencial con las categorías de mapa de uso actual y así identificar las áreas con conflictos en el uso del suelo. Después de identificar las áreas con sobreuso del suelo se buscó convertirlas a usos correctos mediante las actividades planeadas en el plan de ordenamiento ecológico del territorio.

Desde el punto de vista comunitario, se realizó un diagnóstico de los recursos naturales a través de cuatro talleres en los que participaron 36 miembros de la comunidad: 13 mujeres y 23 hombres. Las técnicas y actividades

realizadas fueron: a) cartografía social, en la que se elaboraron mapas de localización de la comunidad sobre la situación de los recursos agua, suelo, vegetación y fauna; b) árbol de problemas, obtenido a partir de la técnica de lluvia de ideas para determinar la causa y efecto de la degradación de los recursos naturales; y c) árbol de objetivos (soluciones), en el que se consideraron los medios y fines a partir de las causas y efectos detectados en el árbol de problemas. Con estos elementos los participantes dialogaron y analizaron el problema del manejo de los recursos naturales e hicieron sus aportaciones desde su percepción y situacionalidad, para las alternativas de solución; partiendo de sus limitaciones y de sus potencialidades (Bautista-Sánchez *et al.*, 2013).

RESULTADOS

Aspectos socioeconómicos:

En el 2010, la población fue 113 habitantes, el grupo de edad con más integrantes fue el de más de 60 años con 35 integrantes, lo cual indica que la población está envejeciendo debido a la migración, mientras que la población joven está disminuyendo. La escolaridad promedio es de cuarto grado y el nivel de analfabetismo es de 18.6%. Los habitantes se rigen por usos y costumbres.

La cobertura de energía eléctrica es de 98%, sin embargo la de agua y drenaje sanitario son bajas, ya que solo 27% de las viviendas particulares cuentan con agua entubada dentro del terreno y con fosas sépticas (Tabla 1). Por otro lado, la comunidad no cuenta con relleno sanitario, por lo que sus residuos sólidos no biodegradables son quemados. Con respecto al transporte, solo existen caminos de terracería y no se tiene servicio público. Existe una clínica donde se atienden enfermedades menores y solo 30% de los habitantes no tienen derecho a recibir servicios médicos en alguna institución pública.

Las actividades productivas de la comunidad son la agricultura de temporal y la ganadería, aunque existen parcelas menores a una hectárea, donde se aplican riegos de auxilio. Los principales cultivos son maíz y frijol bajo el sistema milpa (asociación de cultivos maíz/frijol/cala-

TABLA 1. Principales características socioeconómicas de la comunidad de Guadalupe Cuautepec.

Población	
Grupos de edades	No. de habitantes
0 a 14 años	20
15 a 24 años	12
25 a 49 años	13
50 a 60 años	33
60 y más años	35
Características educativas	
Grupos de edades	No. de habitantes
3 a 14 años que no asiste a la escuela	2
15 a 24 años que asiste a la escuela	1
15 años y más analfabeta	21
Servicios de salud	
Condición	No. de habitantes
Sin derechohabencia a servicios de salud	34
Derechohabiente del IMSS	67
Derechohabiente del ISSSTE	5
Derechohabiente del ISSSTE estatal	0
Derechohabiente del seguro popular o Seguro Médico para una Nueva Generación	12
Servicios públicos básicos	
Tipo de servicio	Cobertura (%)
Energía eléctrica	98
Agua entubada dentro del terreno de la vivienda	27
Drenaje conectado a fosa séptica	27
Sanitario sin admisión de agua	89

IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social.
ISSSTE: Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.

baza). En el caso de la ganadería, se cría ganado vacuno, que es de tipo extensivo, en menor proporción a la cría de ganado ovino, caprino, equino y asnal, así como animales de traspatio. Otra actividad es la acuicultura, la cual se realiza en estanques y en la laguna. Algunas personas se dedican al tejido de la palma.

Características biofísicas:

La mayor parte del territorio de Guadalupe Cuautepec (87%), está comprendido dentro de tres microcuencas cuyas corrientes principales se denominan respectivamente: cañada San Francisco, cañada Grande y barranca Puente de vigas (Fig. 2). Las microcuencas Sur (cañada San Francisco) y Centro (cañada Grande), forman parte de la subcuenca del río Mixteco, mientras que la microcuenca Norte (barranca Puente de vigas) pertenece a la subcuenca del río Acatlán. Ambas subcuencas están dentro de la cuenca del río Atoyac, de la región hidrológica No. 18 (río Balsas). Las características geomorfológicas obtenidas, se describen en la tabla 2. La superficie de las microcuencas es de 3266.9 ha, de la cual, 87.6% corresponde a Cuautepec.

Con respecto a la vegetación y uso del suelo, la unidad de origen antropogénico que abarca mayor superficie es el uso pecuario con 566.3 ha (22.7% de la superficie), mientras que las unidades naturales más extensas en función de la especie dominante (clasificación propia), corresponden a selva baja caducifolia, enebro-tepehuaje y encino-enebro que en conjunto abarcan 60.5% de la superficie (Fig. 3). Los usos agrícola y urbano, solo abarcan 1.4% y 0.9% de la superficie, respectivamente. Además existe una zona inestable por deslizamientos de tierra que ocupa 1.5% del total.

La mayor parte del territorio (77.8%) presenta alto y muy alto riesgo de erosión, con índices superiores a 50 t/ha/año (Fig. 4). Este riesgo se localiza principalmente en las zonas altas y de pendiente fuerte, así como en las áreas con escasa cobertura vegetal, pie de monte e inclusive en partes bajas. Solamente 3.6% de la superficie presenta erosión ligera y corresponde a los terrenos agrícolas ubicados en las partes planas y a zonas con cobertura vegetal.

TABLA 2. Parámetros geomorfológicos de las microcuencas delimitadas para la comunidad de Guadalupe Cuautepec.

Descripción	Microcuencas		
	Norte	Centro	Sur
Área de la cuenca (ha)	1320.8	817.7	1128.4
Perímetro del parteaguas (km)	17.38	13.98	16.91
Longitud de la cuenca (km)	4.70	4.80	5.40
Índice de forma	0.60	0.35	0.39
Coefficiente de compacidad	1.35	1.38	1.42
Relación de elongación	0.87	0.67	0.70
Altitud media (m)	2091.16	2121.86	2173.77
Pendiente media de la cuenca (%)	30.30	31.30	39.70
Orden de corriente	4.00	3.00	3.00
Longitud del cauce principal (km)	5.20	5.60	6.40
Pendiente del cauce principal (%)	4.77	3.86	4.81
Tiempo de concentración (min)	0.22	0.26	0.26
Densidad de drenaje km/km²	2.79	3.14	2.38
Frecuencia de corrientes km²	3.79	5.14	3.99

Por otro lado, 18.6% de los terrenos presentan erosión moderada, los cuales se localizan en zonas de pendiente entre 10% y 40%, además de áreas con cobertura vegetal mayor a 20% y menor a 75%.

Las zonas aptas para la agricultura representan 3.2% del territorio, las que tienen uso potencial mixto (agrícola-ganadería), 23.8%; los suelos aptos como bosques y restauración abarcan 29.6% y, los de conservación y protección representan 43.4% (Fig. 5). Se identificó que 23.9% del área de la comunidad se encuentra en conflicto de uso, el cual consiste principalmente en la pérdida de áreas forestales o agrícolas debido a la actividad ganadera, mientras que 75.6% de los terrenos no presentan conflicto (Fig. 6).

Diagnóstico participativo, plan de acción comunitario y ordenamiento territorial:
Como describieron Bautista-Sánchez *et al.* (2013), el diagnóstico participativo permitió identificar desde el punto

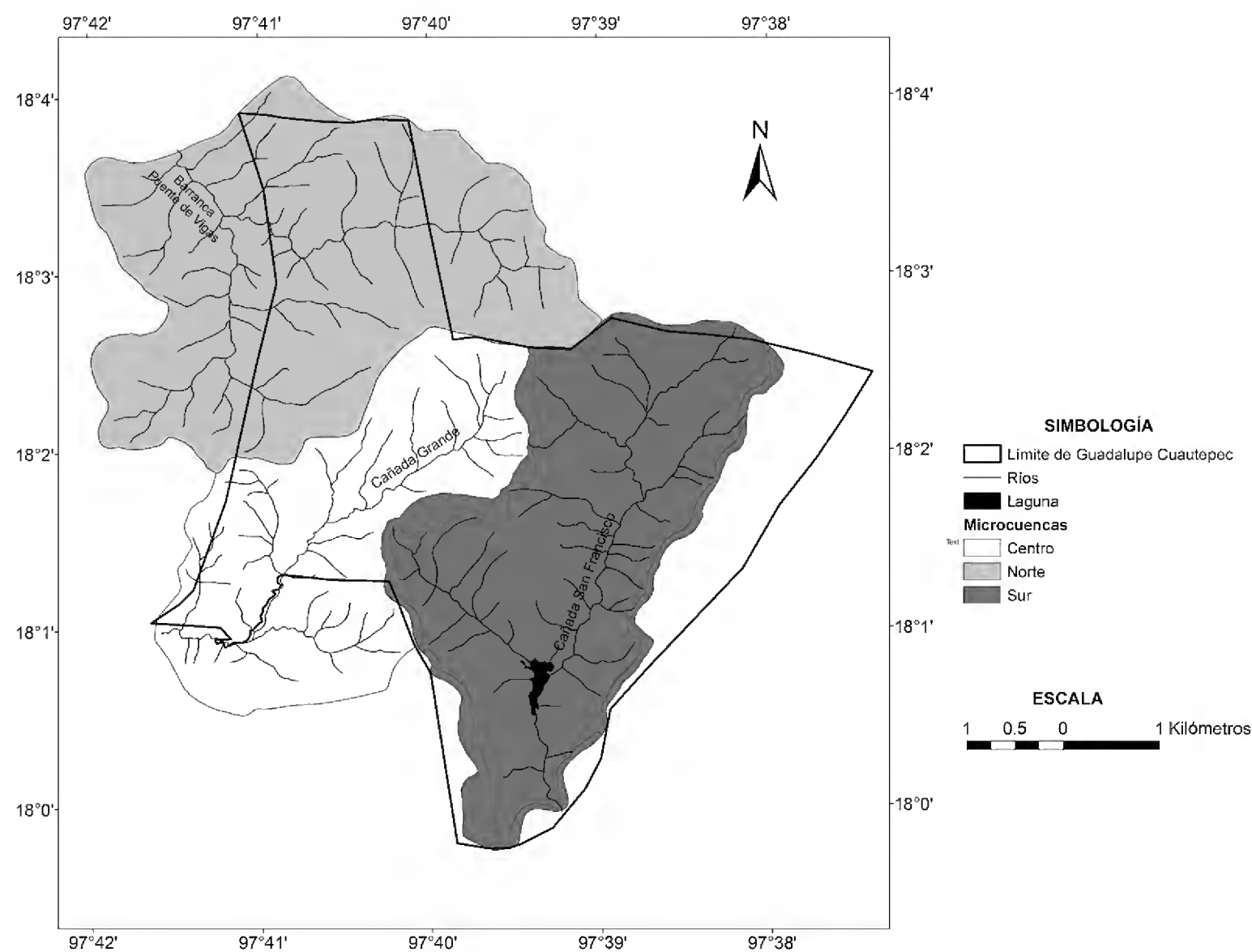


FIGURA 2. Localización de microcuencas.

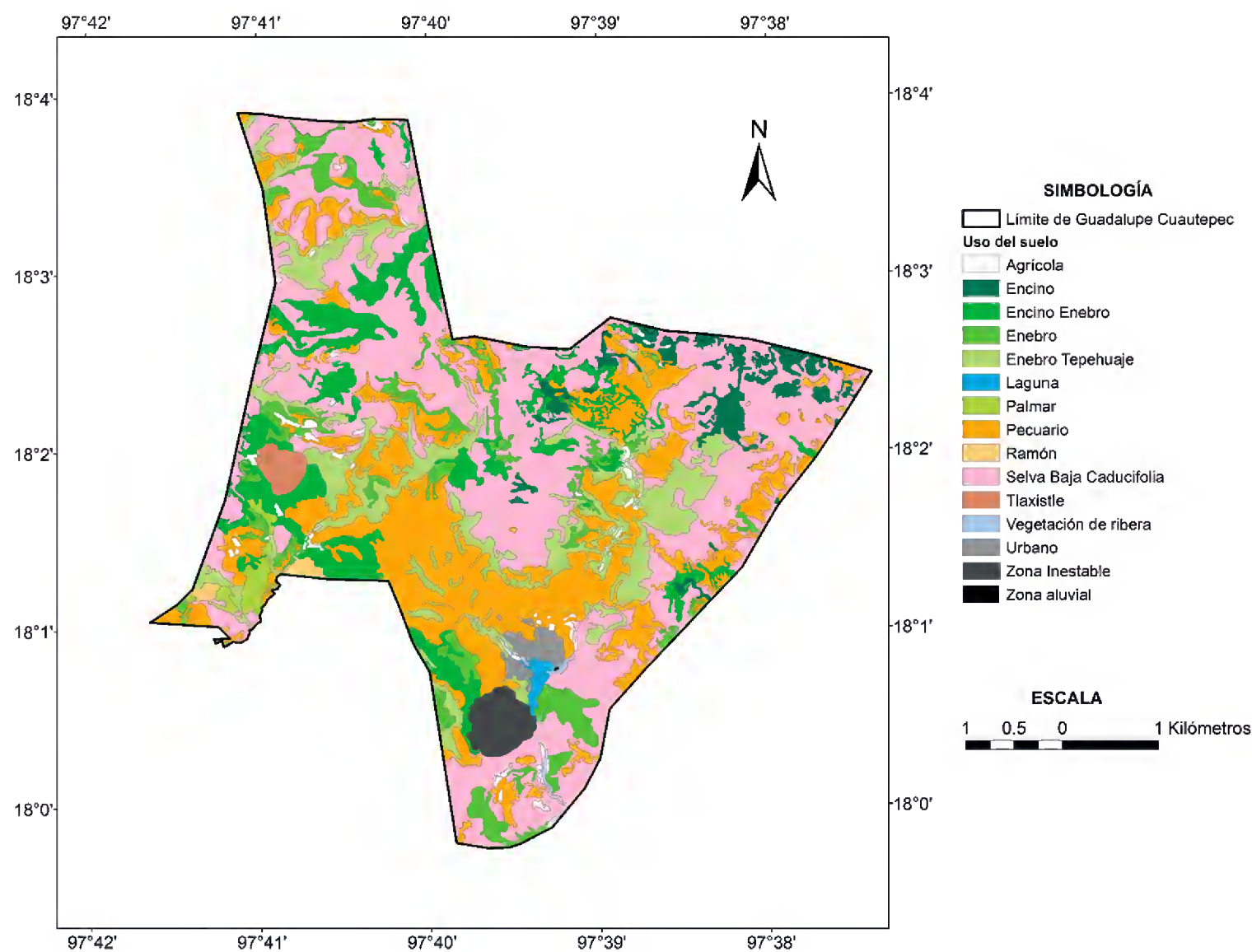


FIGURA 3. Tipos de uso de suelo.

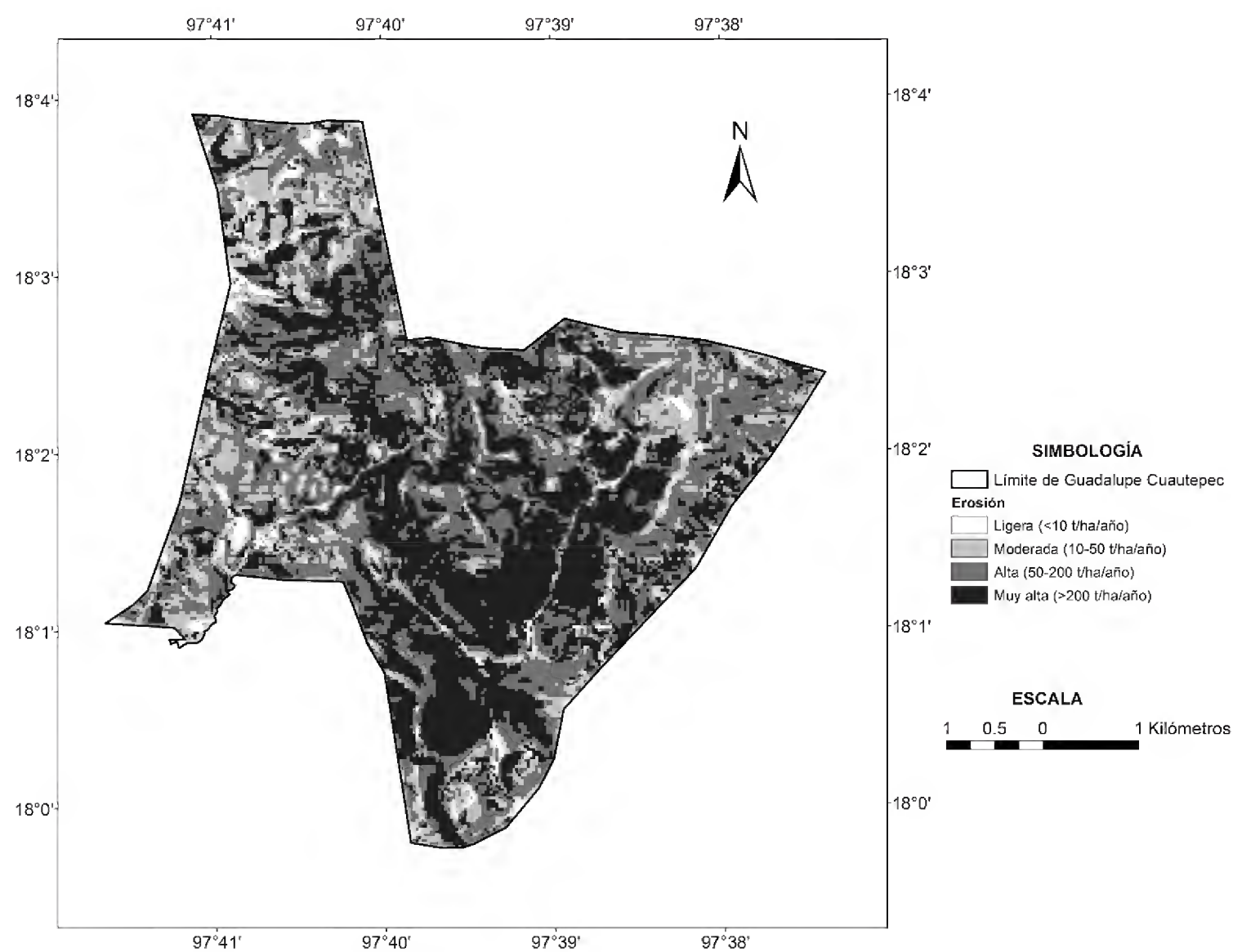


FIGURA 4. Nivel de erosión.

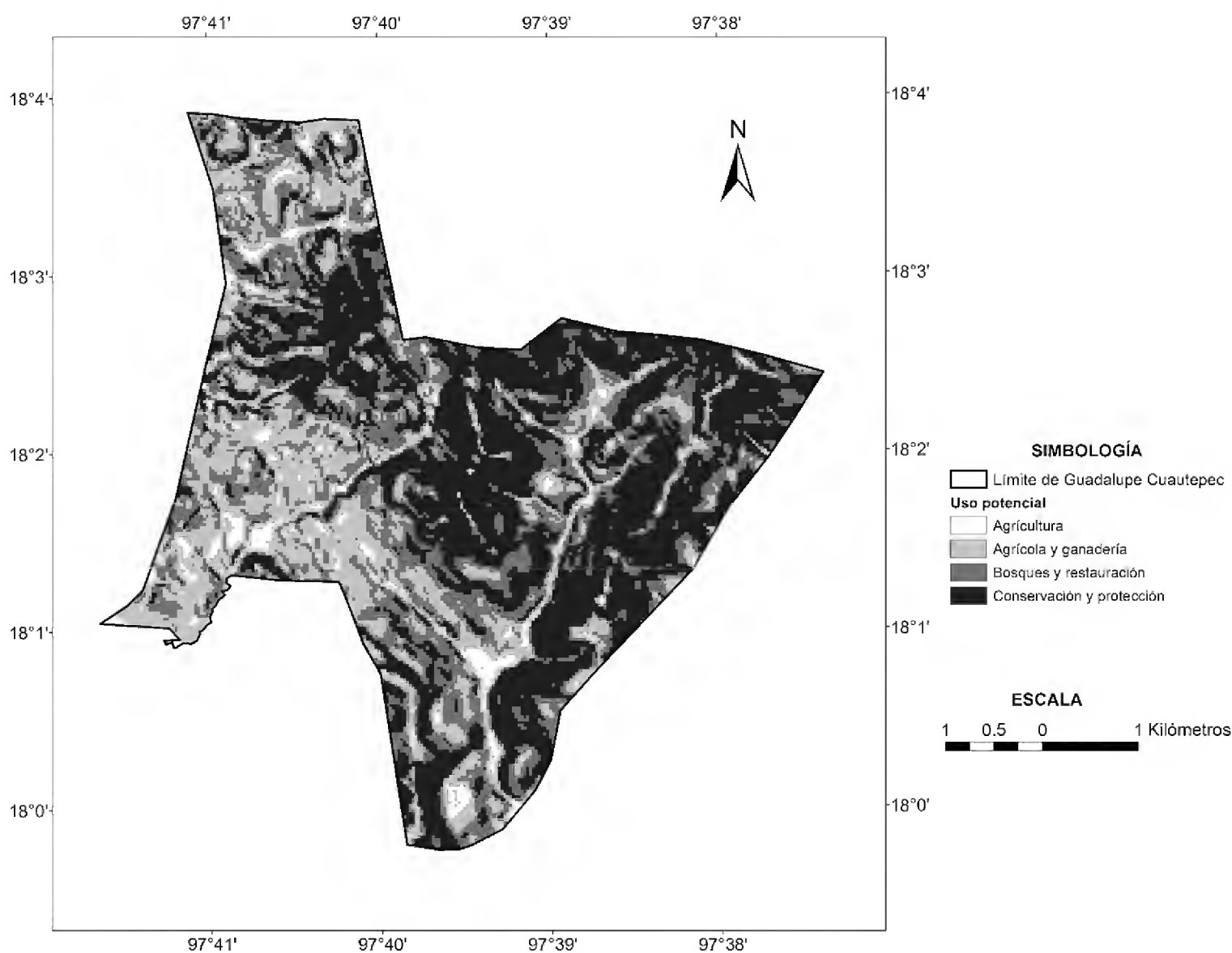


FIGURA 5. Uso potencial del suelo.

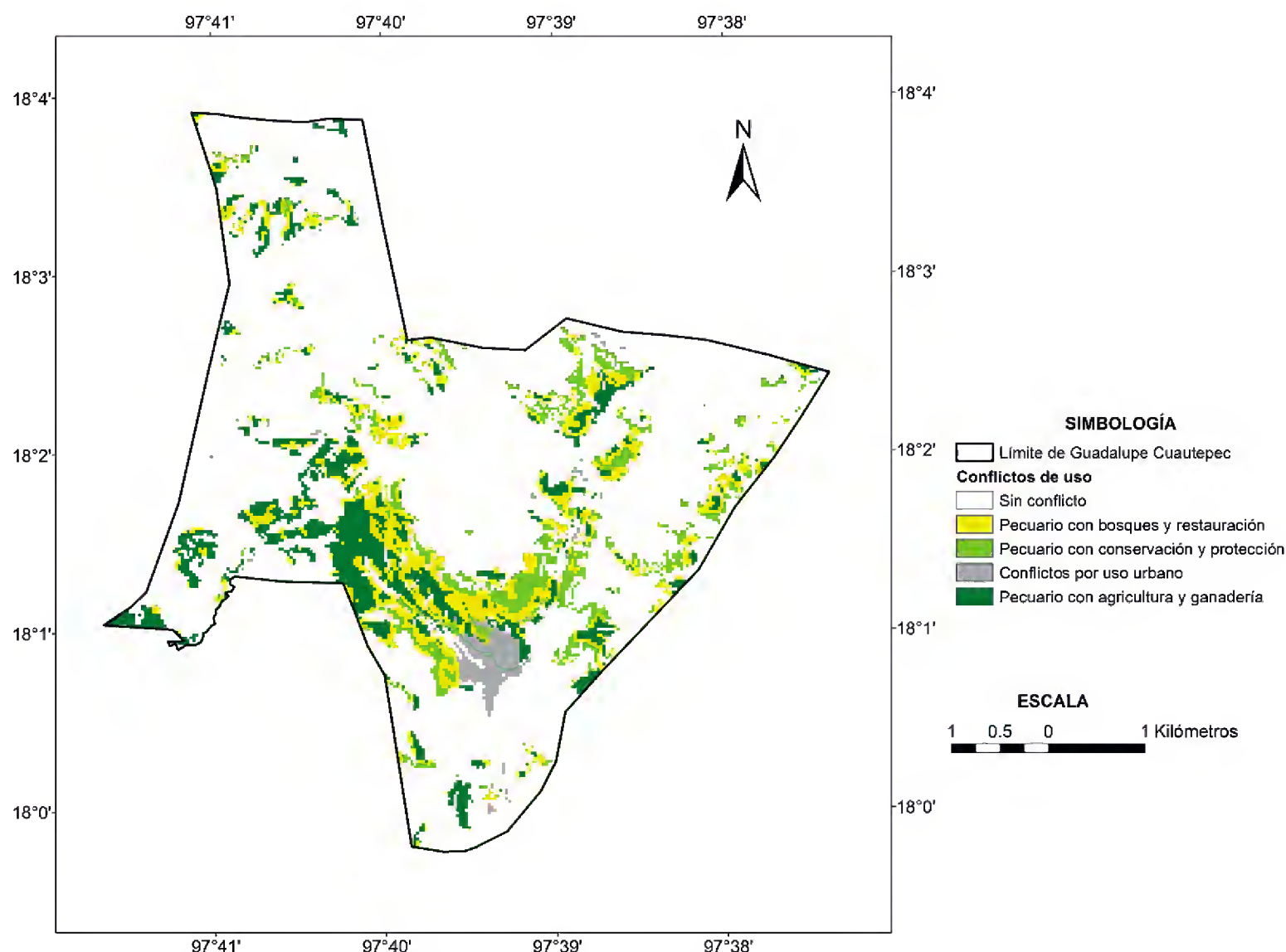


FIGURA 6. Conflictos del uso de suelo.

de vista comunitario los problemas asociados con el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales. Se determinó que las principales causas que inciden directamente en la degradación de los recursos son: mala preparación del suelo agrícola, falta de obras de conservación de suelo, sobre pastoreo, tala inmoderada, falta de reforestación, caza de animales silvestres, mal uso del agua, basura en barrancas. Por otro lado, como efectos de los problemas anteriores se establecieron los siguientes: pérdida de fertilidad del suelo agrícola, erosión del suelo, falta de madera, escasez de leña, escasez de pastos para el ganado, mayores escurrimientos, escasez de agua, contaminación ambiental y derrumbes.

El diagnóstico participativo, aportó elementos importantes para la planificación y manejo integral del territorio comunitario en espacio y tiempo, entre los más relevantes está el plan de acción comunitario (Tabla 3), que permitió identificar las acciones que la comunidad realizará para el manejo sostenido de sus recursos natura-

les, así como, si las actividades se realizarán individualmente (en familia) en casa o en sus parcelas, o si la actividad es de tipo comunitario en los terrenos de uso común. Los objetivos de este plan de acción considerados como de máxima prioridad son: 1. Realizar obras de conservación de suelos, 2. Controlar el aprovechamiento forestal, 3. Reforestar zonas sin vegetación, 4. Tener control de la caza de animales silvestres y 5. Usar eficientemente el agua.

Con base en los objetivos 1, 2, y 3 y la información técnica generada se realizó el ordenamiento territorial (Fig. 7). Se considera el área inestable por deslizamientos de suelo como una de las partes a mantener sin cambios, debido a que no es posible llevar a cabo actividades agropecuarias o forestales. Se propone mantener como zonas de conservación, aquellos terrenos que actualmente tienen cobertura vegetal mayor de 75% y que abarcan 1666.7 ha, donde el nivel de deterioro es relativamente bajo y se mantienen mecanismos naturales de regeneración. Los terre-

TABLA 3. Plan de acción comunitario realizado por los habitantes de Guadalupe Cuauhtepac.

Objetivo	Actividad	Recursos
Realizar obras de conservación de suelos.	Construcción de bordos, presas de gaviones, pretilos en laderas	Capacitación
	y tierras de cultivos, represas en arroyos y barrancas	Herramientas en general
	Mantenimiento de las obras de conservación	Material disponible en cada sitio
	Barreras vivas	Plantas nativas
Controlar el aprovechamiento forestal.	Reforestación para obtener leña, madera, adornos, medicinales y comestibles.	Capacitación
	Dar una edad para corte o poda	Vivero para plantas nativas
	Prohibir cortar árboles pequeños	Herramientas en general
Reforestar zonas sin vegetación.	Concientización de las necesidades de reforestación	Capacitación
	Reforestación con plantas nativas	Vivero para plantas nativas
	Exclusión de zonas al pastoreo por 10 años	Herramientas en general
Tener control de la caza de animales.	Dejar que se reproduzcan animales en peligro de extinción	Capacitación
	Control de cacería	Concientización
	Realización de un reglamento para la caza.	Aplicación del reglamento
Usar eficientemente el agua.	Concientización para el buen uso del agua	
	Reuso del agua	Capacitación
	Uso de medidores para controlar el gasto de agua	Material de conducción y almacenamiento
	Implementación de sistema de captación de agua de lluvia en techos de vivienda	Material de construcción
	Construcción bebederos para el ganado y darles mantenimiento	Sistema de riego por goteo
	Utilización de sistemas de riego por goteo en cultivos.	

nos más erosionados con necesidades de restauración ocupan 609.34 ha. La restauración se propone realizar mediante la reforestación con especies vegetales herbáceas y leñosas nativas, que tienen la potencialidad de crecer en zonas muy alteradas, y que permitan la recuperación de la fertilidad del suelo y el restablecimiento de la flora y fauna nativa que aún sobrevive en los sitios hasta hoy inalterados. Si bien la superficie que requiere reforestación de manera permanente y continua es de 439.5 ha (17.6%), se recomienda llevar a cabo la reforestación en las etapas descritas en la figura 7; iniciando en el paraje Cristo Rey como primera etapa (28.8 ha), ya que estos son los terrenos más erosionados. La superficie a reforestar por año dependerá de la disponibilidad de recursos financieros y

de la participación comunitaria. Conjuntamente con la reforestación deberán construirse obras de conservación de suelo y agua, tales como presas de piedra acomodada, presas de gaviones y zanjas bordo.

DISCUSIÓN

El ordenamiento ecológico es un instrumento de la política ambiental diseñado para caracterizar, diagnosticar y proponer formas de utilización del territorio y de sus recursos naturales, bajo el enfoque de uso racional y diversificado con el acuerdo de la población (Negrete y Bocco, 2003). Con la participación comunitaria se identifican los problemas que la comunidad considera importantes haciendo partícipe a la comunidad no sólo del

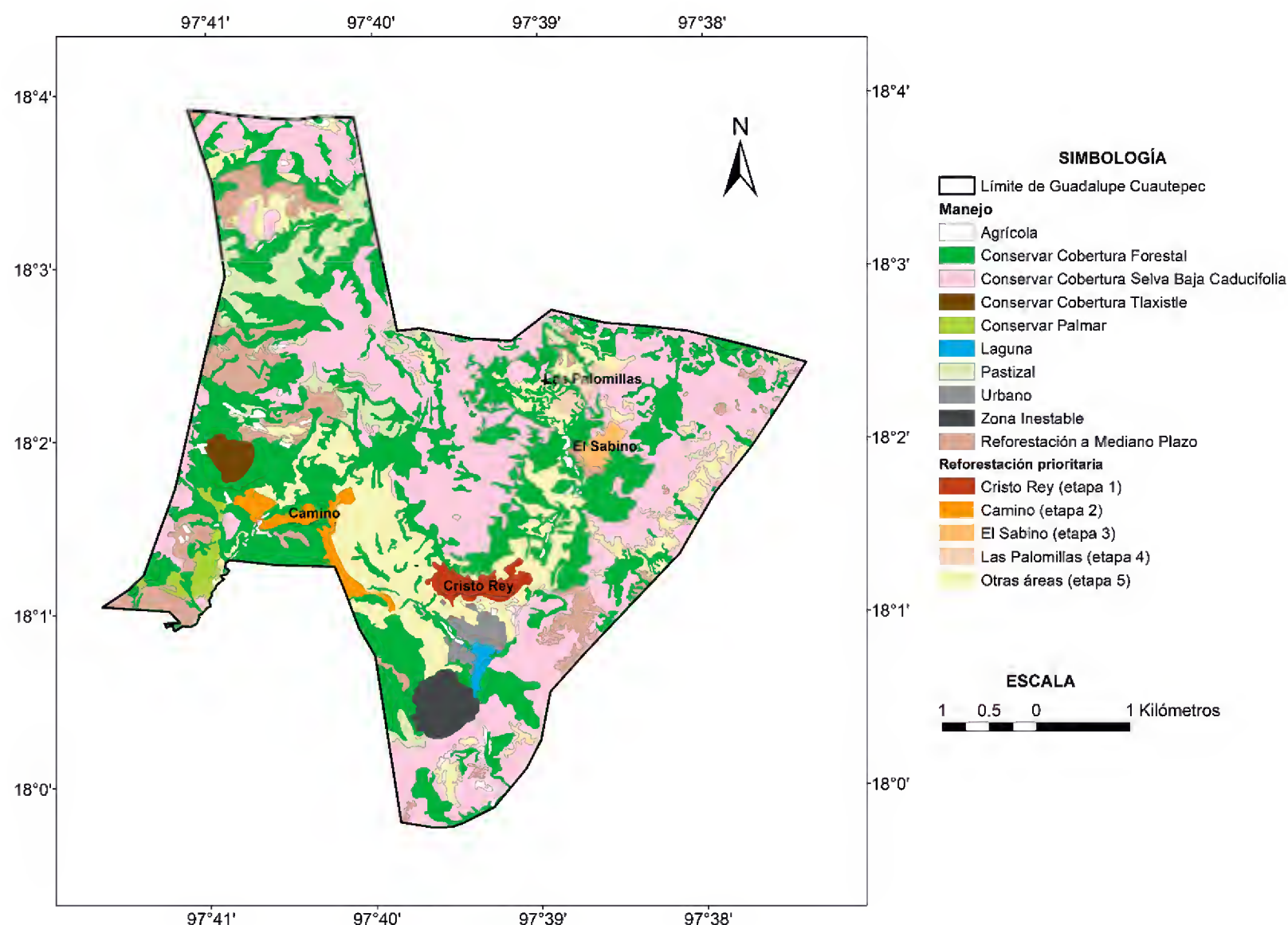


FIGURA 7. Ordenamiento ecológico territorial de Guadalupe Cuatepec.

diagnóstico, sino también del seguimiento y evaluación del proceso participativo (Expósito, 2003; Osorio y Contreras, 2009); y como bien mencionan Hernández *et al.* (2014) es ética y metodológicamente imprescindible el respeto y la asimilación de las culturas y conocimientos de dichas comunidades en los programas de ordenamiento, particularmente los comunitarios, como el de este estudio.

Entre los problemas debidos a la degradación de los recursos naturales identificados en el diagnóstico participativo realizado, están la pérdida de fertilidad del suelo agrícola, la falta de madera y leña y la escasez de pasto para el ganado. Tales problemas están asociados con el uso intensivo de los recursos naturales y con la realización de actividades agropecuarias en zonas no aptas para tales usos; esta misma situación se ha observado en diferentes estudios enfocados al manejo de los recursos naturales en comunidades rurales (GAIA, 2004; Grupo Mesófilo, 2011; Lagunas-Vázquez *et al.*, 2008; Meraz *et al.*, 2011; Negrete y Aguilar, 2006; Pujadas, 2003; Robles-Guadarrama, *et al.*, 2005).

El ordenamiento ecológico territorial propuesto considera mantener zonas de conservación y realizar la restauración con especies nativas, con el consentimiento de la comunidad mediante su validación en asambleas, lo cual es similar a lo propuesto en el ordenamiento territorial comunitario por GAIA (2004), en San Felipe Lachilló, Xanica, Oaxaca. Bocco *et al.* (2000) consideran que las comunidades rurales dependen en gran medida de sus recursos naturales, lo que demuestra su importancia para resguardarlos, ya que ellas pueden operar como aliadas de la protección biológica y la diversidad genética *in situ*. En este mismo contexto Almazán-Núñez *et al.*, (2011) mencionan que el ordenamiento territorial permite establecer áreas de conservación comunitaria, las cuales son una alternativa viable para la conservación, la biodiversidad y los servicios ambientales.

Es necesario crear un comité de recursos naturales representado por líderes naturales de la comunidad que permita el seguimiento y evaluación en las actividades

para el manejo de los recursos naturales, debido a que las autoridades municipales o comunales se cambian en periodos cortos, como se propone también en el caso del ordenamiento territorial de la comunidad de San Juan Chicomezuchil, Ixtlán, Oaxaca (Grupo Mesófilo, 2011).

CONCLUSIONES

La participación de los integrantes de la comunidad permitió identificar el tipo de acciones que la comunidad realizará para el manejo sustentable de sus recursos naturales mediante un plan de acción comunitario.

En el ordenamiento territorial se consideraron tanto los objetivos establecidos en el plan de acción comunitario, así como la información técnica generada. Se propone mantener como zonas de conservación 1666.7 ha que tienen cobertura vegetal mayor de 75%, que incluye áreas que actualmente soportan vegetación de encino, selva baja caducifolia, enebro, tepehuaje, tlaxistle y palma de sombrero. Los terrenos más erosionados con necesidades de restauración ocupan 24.43% (609.3 ha).

RECONOCIMIENTOS

Los resultados de este documento forman parte del proyecto financiado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) con número de convenio Conanp/DR08/RP07/20/Procodes/16/10.

REFERENCIAS

Almazán-Núñez, R. C., A. Almazán-Juárez, F. Ruiz-Gutiérrez. 2011. Áreas comunitarias para la conservación de los recursos biológicos de la Sierra Madre del sur, Guerrero, México. *Universidad y Ciencia* 27(3):315-329.

Bautista-Sánchez, G., E.C. Pedro-Santos y G. Álvarez-Olguín. 2013. Participación y acción comunitaria en el manejo de recursos naturales de uso común en la Mixteca Oaxaqueña. *Ra Ximhai* 9(2):89-98.

Blanco A., A., S. Martínez R., O. Sánchez P., A. Rubio S., C. Cisneros C., E.C. Pedro S., R. Morales L. y F. Sustaita R. 2001. Aplicación de un modelo de balances hídricos en la cuenca alta del río Mixteco (Oaxaca). Determinación del binomio infiltración/escurrimiento con vistas a la recons-

trucción de sus ecosistemas forestales. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca. México. 250 p.

Bocco, G., A. Velázquez y A. Torres. 2000. Ciencia, comunidades indígenas y manejo de recursos naturales. Un caso de investigación participativa en México. *Interciencia* 25(2):64-70.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2009. Capital natural de México. Síntesis. Conabio. México. 104 p.

Cotler, H. 2004. El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. 2ª ed. Instituto Nacional de Ecología. México. 345 p.

Expósito, V.M. 2003. Diagnóstico rural participativo. Una guía práctica. Centro Cultural Poveda. Santo Domingo, República Dominicana. 118 p.

GAIA (Grupo Autónomo para la Investigación Ambiental). 2004. Estudio de ordenamiento territorial comunitario de San Felipe Lachilló, Xanica, Miahuatlán, Oaxaca. 104 p.

García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas, eds. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. World Wildlife Fund. México. 605 p.

Grupo Mesófilo. 2011. Estudio de Ordenamiento Territorial Comunitario en San Juan Chicomezuchil, Ixtlán, Oaxaca. Grupo Mesófilo A.C. Oaxaca, México. 151 p.

Hernández S., J.R., M. Bollo M., A.P. Méndez L. y L.M. Espinosa-Rodríguez. 2014. Panorama contemporáneo del ordenamiento ecológico territorial en México. *Polígonos. Revista de Geografía* 26:111-146.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2003. Continuo de elevaciones mexicano (CEM) escala 1:50 000 [en línea]. [Consulta 5 de diciembre de 2010]. Disponible en: <http://mapserver.inegi.org.mx/DescargaMDEWeb/?s=geo&c=977>.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Censo de población y vivienda 2010 [en línea]. [Consulta 07 de enero de 2016]. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est.t



- Klingebiel, A.A. y P.H. Montgomery. 1961. Land capability classification (No. 210). Soil Conservation Service, US Department of Agriculture. Washington, DC, EUA. 21 p.
- Lagunas-Vázquez, M., L.F. Beltrán-Morales, J. Urciaga-García y A. Ortega-Rubio. 2008. Evaluación rural participativa: uso de los recursos naturales en la reserva de la biosfera El Vizcaíno, BCS, México. *Economía, sociedad y territorio* 8(26):451-476.
- Meraz J., A.D.J., J.L. Galarza M., J. Sosa R., A. Ponce M. y J.A. Torres G. 2011. Ordenamiento ecológico comunitario: un modelo de manejo de recursos naturales para el desarrollo comunitario. Estudio de caso ejido Potrero de los López, Aguascalientes. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* 17(1):151-163.
- Negrete F., G. y E. Aguilar U. 2006. Territorios rurales, política de planeación y ordenamiento ecológico local-comunitario en México. In: S. Anta F., A. Arreola M., M. González O. y J. Acosta G, eds. Ordenamiento territorial comunitario. Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat). México, D.F. p:19-40.
- Negrete, G. y G. Bocco. 2003. El ordenamiento ecológico comunitario: una alternativa de planeación participativa en el contexto de la política ambiental de México. *Gaceta ecológica* (68):9-22.
- FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma. 86 p.
- Osorio R., M.L. y A. Contreras. 2009. El diagnóstico rural participativo y el manejo de los recursos naturales. *Estudios Agrarios, Secretaría de la Reforma Agraria* (42):109-136.
- Pujadas B., A. 2003. Comunicación y participación social en el programa de ordenamiento ecológico territorial de la costa de Jalisco y la Reserva de la Biosfera Chama-Cuixmala. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología. México. 291p.
- Robles-Guadarrama., C., A. Flores, C. Cabrera M., C. Santos y G. Vidriales C. 2005. Ordenamiento comunitario participativo del ejido Encino Amarillo municipio de Mecayapan, Veracruz. 62p.

Manuscrito recibido el 20 de febrero de 2015.
Aceptado el 9 de febrero de 2016.

Este documento se debe citar como:
Álvarez-Olguín, G., F. Sustaita-Rivera, G. Bautista-Sánchez y E.C. Pedro-Santos. 2016. Ordenamiento ecológico territorial de Guadalupe Cuauhtepac, San Juan Bautista Suchitepec, Oaxaca, desde una perspectiva técnica y comunitaria. *Madera y Bosques* 22(1):155-167.



Vertical **variation** of **density**, flexural strength and stiffness of **Persian silk wood**

Variación longitudinal en densidad, resistencia a flexión y rigidez de la madera 'de seda' persa

Majid Kiaei¹* and Mohammad Farsi¹

¹Department of Wood and Paper Engineering, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran. * Corresponding author. mjd_kia59@yahoo.com

ABSTRACT

The aim of this research was to investigate the effects of longitudinal position (stem height) and heart-sapwood on density, modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) in bending for Persian silk wood (*Albizzia julibrissin*). Five normal trees were selected from the Guilan region, Iran. Samples for testing were prepared at four stem height levels (5%, 25%, 50% and 75% of total stem height) in both positions along radial direction (heartwood and sapwood). Analysis of variance results (Anova) indicated that the effects of longitudinal position (stem height) and heartwood-sapwood on the wood density, MOE and MOR were significant. The mean of wood density, MOE and MOR along longitudinal position from base to top decreased with height. The mean of wood density, MOR and MOE in sapwood are lower compared to the corresponding values for heartwood. The relationship between wood density and mechanical strength properties were analyzed by regression models. A positive correlation was found between wood density with MOE and MOR in both heartwood and sapwood.

KEYWORDS: *Albizzia julibrissin*, modulus of elasticity, modulus of rupture, radial direction, stem height.

RESUMEN

El objeto de esta investigación fue estudiar los efectos de la posición en dirección longitudinal (altura del tronco) y del duramen y la albura sobre la densidad, el módulo de elasticidad (MOE) y el módulo de ruptura (MOR) en flexión para la madera de 'seda' persa (*Albizzia julibrissin*). Se recolectaron cinco árboles representativos de la región de Guilan, Irán. Se elaboraron especímenes para prueba a cuatro niveles de la altura del árbol (5%, 25%, 50% y 75% de la altura total del tronco) en ambos tipos de madera en la dirección radial (duramen y albura). Los resultados de los análisis de varianza (Anova) indicaron que los efectos de la ubicación longitudinal (altura del árbol) y duramen y albura sobre la densidad de la madera, el MOE y el MOR fueron significativos. Los valores promedio de la densidad, MOE y MOR a lo largo de la posición longitudinal de la base a la copa disminuyeron con la altura. Los valores promedio de la densidad, MOR y MOE en albura son menores comparados con los del duramen. La relación entre la densidad de la madera y las propiedades mecánicas se analizaron por medio de modelos de regresión. Se encontró una correlación positiva entre la densidad de la madera con MOE y MOR tanto en duramen como en albura.

PALABRAS CLAVE: *Albizzia julibrissin*, modulus of elasticity, modulus of rupture, dirección radial, altura del árbol.

INTRODUCTION

In the living tree, the sapwood, in contrast with heartwood, is physiologically active, conducting water and nutrients from roots to leaves (Bamber, 1985; Hillis, 1987) and storing food materials (Bamber, 1985). The transformation of

sapwood into heartwood is characterized by the death of parenchyma cells (Hillis, 1987), development of tyloses in the vessels of many species (Bamber, 1976) and the biosynthesis of nonstructural compounds, leading to an important accumulation of extractives and to the differences in

physical and chemical properties between sapwood and heartwood (Sellin, 1994). Heartwood and sapwood in a tree vary with a large number of factors, including species, age, climate, rate of growth, foliage area, site quality and tree vitality, and have been the subject of several reviews (Pinto *et al.*, 2004; Climent *et al.*, 2002).

Heartwood and sapwood have different properties and their proportion within the tree will have a significant impact on the utilization of wood (Climent *et al.*, 2002). For pulping, heartwood is at a disadvantage as its extractives can affect the process and product properties. For solid wood applications the different properties of heartwood and sapwood influence drying, durability, and aesthetic values for the consumer (Pinto *et al.*, 2004; Morais and Pereira, 2007). When there is a large colour difference between sapwood and heartwood, selection of wood components by color also plays a significant role in some timber application (Dzifa *et al.*, 2004).

A study on the variation of wood properties of Kyere wood indicated that the wood density and mechanical properties decreased along longitudinal position from the bottom up the stem. Site also had significant impact on the wood properties. Wood samples collected from the site with the highest mean annual rainfall had the least density and strength properties (Ayarkwa, 1998).

Albizia julibrissin or Persian silk tree is legume specie in the genus *Albizia*. The global distribution of this species is in the North Anatolian, northern Iran, Caucasus, Sinai, Japan, Cyprus, Yugoslavia, Bulgaria, and probably planted in Australia (Mozaffarian, 2003). There are two tree species in this genus, *Albizia julibrissin* that grow in temperate and cool temperate northern forests of Iran, and *A. lebbeck* grows only in tropical regions of Iran (Sabeti, 1975; Mozaffarian 1996). This species is used for making soap, hair shampoo and UV protectors and probably other compounds (Nehdi, 2011; Panahian and Rahnama 2010).

The information about the effect of longitudinal position on the wood different properties is not available for *Albizia julibrissin* (silk wood) in Iran. Therefore, to use this material properly and efficiently, it is a requisite to know its different properties.

OBJETIVES

The objectives of this study were: (a) to examine the variations of wood density and mechanical strength properties (MOE and MOR) along longitudinal position, (b) to compare wood properties between heartwood and sapwood, and (c) to determine the relationship between wood density and mechanical properties in Persian silk wood (*Albizia julibrissin*).

MATERIAL AND METHODS

Wood samples

Five silk trees (*Albizia julibrissin*) from natural forests in the Guilan province in the north of Iran were sampled. Selected trees with straight trunks, normal branching and no disease or pest symptoms were felled. The age of silkwood trees was 36-42 years-old. The average air temperature is 11.6 °C and the total annual rainfall 700 mm/year in this region. The altitude of this region is 160 m asl.

Stem sectional discs were taken from each tree at different levels of total height (5%, 25%, 50% and 75%). The radial variation was studied by sampling in each wood disc at 2 positions (heartwood and sapwood). In this species, the heartwood shows a distinctive brown colour compared to the lighter coloured sapwood. The heartwood and sapwood area within the stem cross sectional area decreased with height. At the base height level, the heartwood area was generally higher than sapwood area and decreased afterwards until the top.

Wood density

Wood sampling method and the general requirements for physical tests were in accordance with the ISO standard 3129-E (1975). The ISO standard 3131-E (1975) was used to measure the wood density. The samples were oven-dried at 103 ± 2 °C to 0% moisture content for 24 h. After cooling in desiccators, the oven-dry weights of the specimens and theirs dimensions were measured. The values of the wood oven-dry density were calculated using the following equation (are oven-dry density (kg/m³), dried weight and dried volume, respectively):



$$D_0 = \frac{p_0}{v_0}$$

Flexural strength properties

Static bending or flexural strength test were measured according to the ASTM-D143-94 standards. The dimensions of the samples were of 25 mm × 25 mm in cross-section and 410 mm in longitudinal direction. The length span was of 360 mm. The prepared samples were then conditioned at the temperature of 20 °C ± 2 °C and at 65%±5% relative humidity until the specimens reached an equilibrium moisture content of about 12%. From the test results the modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) were derived.

Statistics analysis

To determine the effects of longitudinal position and heartwood-sapwood on the wood density and mechanical properties analysis of variance (Anova) were conducted with the SPSS program. Also, a regression model was used to analyze the relationship between wood density and mechanical parameters (MOR and MOE) in heartwood and sapwood.

RESULTS

Wood density

Average and standard deviation of wood density along longitudinal position in heartwood and sapwood are listed in table 1. The analysis of variance (Anova) indicated that the longitudinal position and heartwood-sapwood did affect significantly wood density. The interaction effects between longitudinal position and heartwood-sapwood were not significant on wood density (Table 2). The mean of wood density along longitudinal position from the base upward decreased in heartwood and sapwood. The relationship between longitudinal position and wood density in heartwood ($R^2=0.459$) is stronger than in sapwood ($R^2= 0.431$). The average of wood density in heartwood is higher compared to the sapwood (439 kg/m³ *vs* 394 kg/m³).

MOR

Average and standard deviation of MOR along longitudinal position in heartwood and sapwood are listed in table 1. The

analysis of variance (Anova) indicated that the longitudinal position and heartwood-sapwood did affect significantly MOR. The interaction effects between longitudinal position and heartwood-sapwood were not significant on MOR (Table 2). The mean of MOR along longitudinal position from the base upward decreased in heartwood and sapwood. The relationship between longitudinal position and MOR in heartwood ($R^2= 0.492$) is weaker than in sapwood ($R^2= 0.626$). The average of MOR in heartwood is higher compared to the sapwood (54.78 MPa *vs* 50.12 MPa).

MOE

Average and standard deviation of MOE along longitudinal position in heartwood and sapwood are listed in table 1. The analysis of variance (Anova) indicated that the longitudinal position and heartwood-sapwood did affect significantly MOE. The interaction effects between longitudinal position and heartwood-sapwood were not significant on MOE (Table 2). The mean of MOE along longitudinal position from the base upward decreased in heartwood and sapwood. The relationship between longitudinal position and MOE in heartwood ($R^2=0.403$) is weaker than in sapwood ($R^2= 0.468$). The average of MOE in heartwood is higher compared to the sapwood (5.53 GPa *vs* 4.80 GPa).

Relationship among wood properties

The dependence of static bending properties (MOE and MOR) on the oven-dry density was modeled using simple regression models (Figs. 1 and 2). These relationships in sapwood (R^2 density-MOR = 0.368, R^2 density-MOE = 0.174) are higher compared to the heartwood (R^2 density-MOR = 0.139, R^2 density-MOE = 0.138).

DISCUSSION

The wood density, MOE and MOR in heartwood is higher compared to sapwood. These differences are related to the chemical properties in heartwood and sapwood. Significant amount of extractives are deposited in the heartwood, up to two or three times more than in sapwood (Panshin and de Zeeuw, 1980). Our observation of silk-

TABLE 1. The variation of wood properties in different stem height levels for silk wood.

Wood	Longitudinal position (%)	Density (kg/m ³)	MOR (MPa)	MOE (GPa)
Heartwood	5	494.4 (39.16)	60.08 (2.53)	6.14 (0.50)
	25	437.6 (40.13)	54.62 (3.61)	5.63 (0.54)
	50	425.2 (40.32)	53.20 (3.77)	5.41 (0.59)
	75	400.4 (29.64)	51.21 (3.46)	4.95 (0.36)
	Average	439.4 (50.68) ^A	54.78 (4.69) ^A	5.53 (0.67) ^A
	R ²	0.459	0.492	0.403
Sapwood	5	440 (38.62)	54.86 (3.38)	5.36 (0.47)
	25	391.8 (37.17)	49.66 (1.24)	5.13 (0.60)
	50	375.5 (24.61)	48.73 (1.41)	4.54 (0.38)
	75	369.2 (26.03)	47.23 (2.15)	4.15 (0.57)
	Average	394.1 (42.23) ^B	50.12 (3.61) ^B	4.80 (0.70) ^B
	R ²	0.431	0.626	0.468
Total	5	467.2 (47.29) ^d	57.47 (3.96) ^d	5.75 (0.64) ^d
	25	414.7 (44.71) ^c	52.14 (3.66) ^c	5.38 (0.62) ^c
	50	400.3 (41.49) ^b	50.97 (3.61) ^b	4.97 (0.65) ^b
	75	384.82 (31.78) ^a	49.22 (3.49) ^a	4.55 (0.62) ^a

Uppercase and lowercase letters respectively show significant differences among longitudinal position and between heartwood-sapwood.

TABLE 2. F-value (in Anova results) for wood properties along longitudinal position

Variable	Density	MOR	MOE
Heart-sapwood (A)	83.343**	133.075**	100.088**
Longitudinal position (B)	52.165**	77.417**	49.634**
A × B	1.026 ^{ns}	0.465 ^{ns}	1.225 ^{ns}

wood behavior are in accordance with the studies of Pan-shin and de Zeeuw (1980) (“Type 4 woods: specific gravity of the wood exhibit a general decrease from pith to bark in the stem”. Examples of North American hardwoods: *Fagus sylvatica*, *Liriodendrum tulipifera*, *Populus* spp., *Prunus serotina* and *Quercus falcata*), Morais and Pereira (2007; *Eucalyptus globulus* Labill.) and Pinto *et al.*, (2004; a conifer, *Pinus pinaster* Ait). Pan-shin and de Zeeuw (1980) also point out that “among

the hardwoods there is almost even division between reported increases and decreases in specific gravity from pith to bark”.

Within-tree wood density and mechanical properties decreased along the stem, from the base upwards; however, wood density, MOE and MOR was the highest at 5% of total tree height. Similar patterns of wood density and mechanical properties variation in the longitudinal direction have also been reported by several researchers:

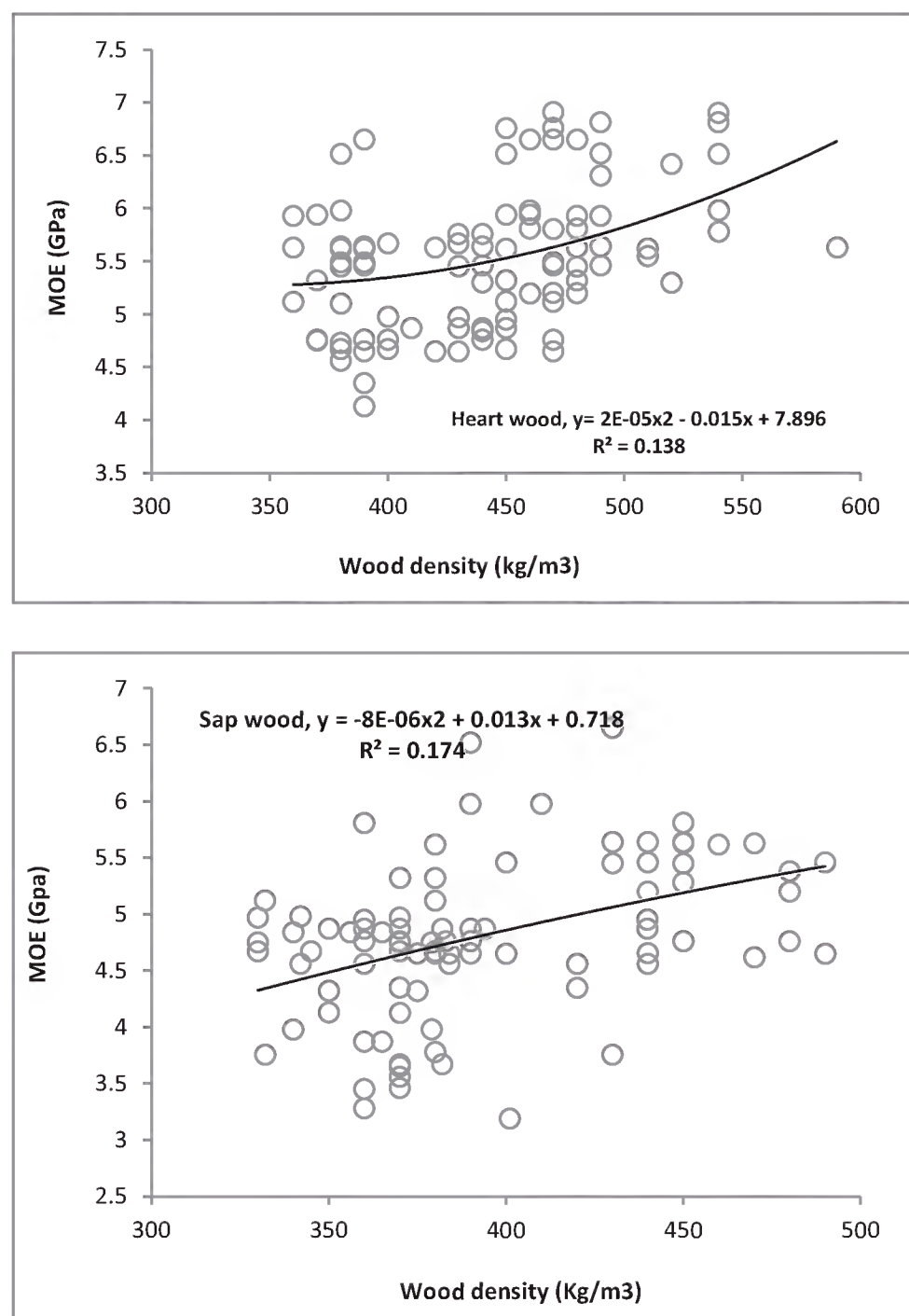


FIGURE 1. The relationship between wood density and modulus of elasticity (MOE) in heartwood and sapwood.

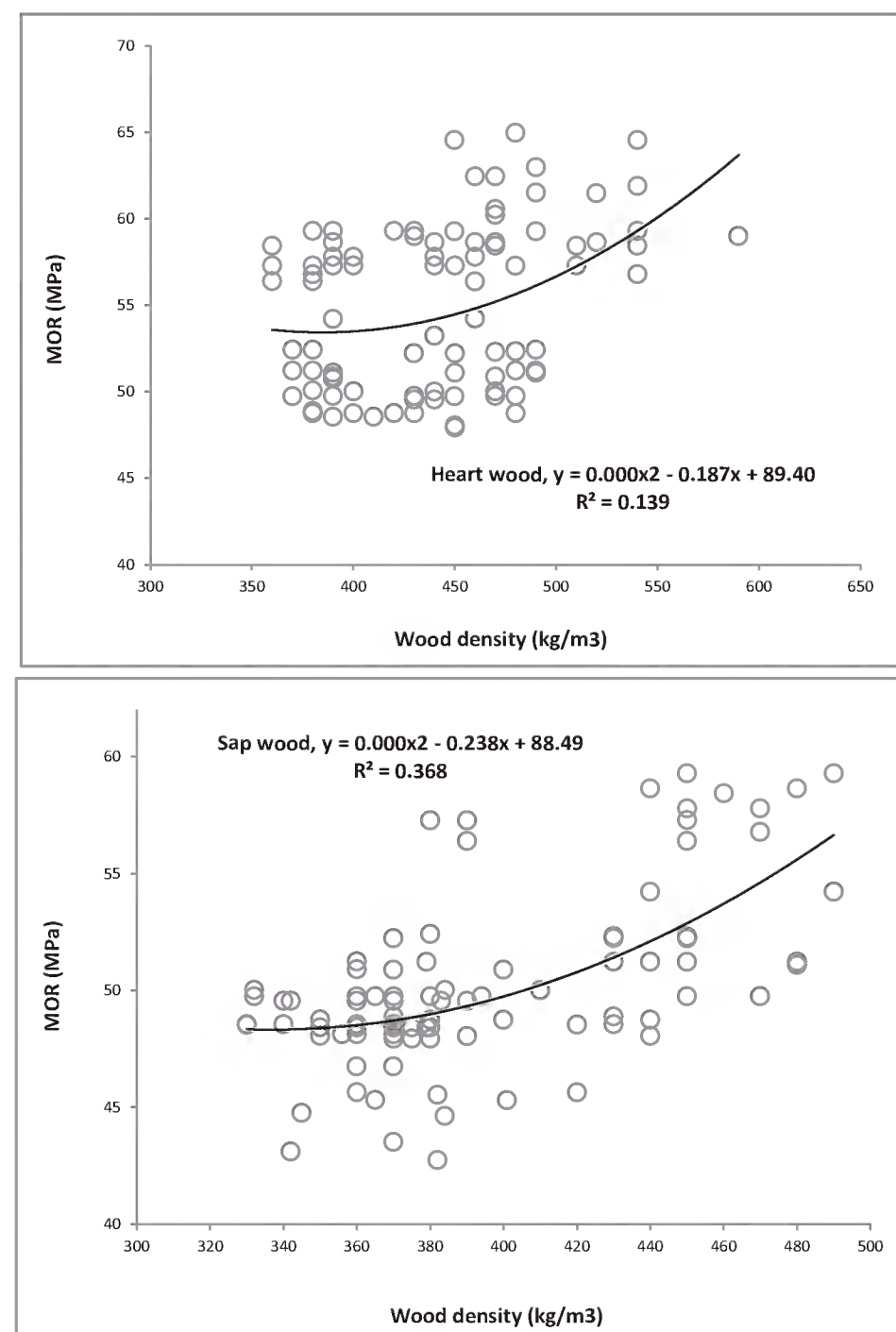


FIGURE 2. The relationship between wood density and modulus of rupture (MOR) in heart wood and sapwood

Panshin and de Zeeuw (1980. "Static bending properties... decrease upward in the stem for *Pinus resinosa* Ait. and *Shorea almon* Foxw.); Ayarkwa (1998; *Pterygota macrocarpa* K. schum); and Kord *et al.*, (2010; *Populus euramericana*). This may be due to the fact that butt log of the same tree has more mature wood than the top log which consists mainly of juvenile wood (Panshin and de Zeeuw, 1980). Juvenile wood is explained by Kolzowski (1971) and Larson (1969) as being the results of the relative abundance of growth regulators and carbohydrates in the cambial zone near the crown. Juvenile wood density and mechanical properties were lower than that of mature wood. The lower density and strength properties of the wood near the top may be due

to the thin walls of the cells of the wood, the lower cellulose content and crystallinity of the wood compared with that of the matured wood in the log at the butt (Zobel and Sprague, 1998).

Positive relationship was found between wood density and mechanical strength properties in heartwood and sapwood. Also, the relationship between wood density and MOR is weaker than the relationship between wood density and MOE in heartwood and sapwood. A similar trend has also been reported by several researchers for various species (Zhang, 1997; Zobel and Van Buijtenen, 1989). Wood density had important role on the variation of mechanical properties.

CONCLUSIONS

In the present research, the wood density and mechanical properties of heartwood and sapwood in silkwood were determined. The following conclusions were drawn from the study:

1. The analysis of variance (ANOVA) indicated that the longitudinal position and heartwood-sapwood did affect significantly wood density, MOR and MOE.
2. The interaction effects between longitudinal position and heartwood-sapwood were not significant on wood density, MOR and MOE.
3. The average of wood density, modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) along longitudinal position from base to the top were decreased. The mean of wood density, MOE and MOR in heartwood is higher than sapwood for Silk wood.
4. There are positive relationship between wood density and mechanical properties (MOE and MOR) in heartwood and sapwood.

REFERENCES

- Ayarkwa, J. 1998. The influence of site and longitudinal position in the tree on the density and strength properties of the wood of *Pterygota macrocarpa* K. schum. *Ghana Journal of Forestry* 6:34-41
- Bamber, R.K. 1985. The wood anatomy of eucalypts and paper-making. *Appita Journal* 38:210-216.
- Bamber, R.K. 1976. Heartwood, its function and formation. *Wood Science and Technology* 10:1-8.
- Climont, J., M.R. Chambel, E. Perez, L. Gil and J. Pardo. 2002. Relationship between heartwood radius early radial growth, tree age, and climate in *Pinus canariensis*. *Canadian Journal of Forestry Research* 32(1):103-111.
- Climont, J., M.R. Chambel, L. Gil and J. Pardo. 2002. Vertical heartwood variation patterns and prediction of heartwood volume in *Pinus canariensis* SM. *Forest Ecology and Management* 174(1-3):203-211.
- Dzifa, A., H. Bailleres, A. Stoke and K. Kokou. 2004. Proportion and quality of heartwood in Togolese teak (*Tectona grandis*). *Forest Ecology and Management* 189(1-3):37-48.
- Hillis, W.E. 1987. Heartwood and tree exudates, Springer-Verlag, Berlin.
- Kolzowski, T.T. 1971. Growth and development of trees, Vol. II. Academic Press. New York. 86 p.
- Kord, B., A. Kilashaki and B. Kord. 2010. The within-tree variation in wood density and shrinkage, and their relationship in *Populus euramericana*. *Turkish Agriculture and Forestry* 34:121-126.
- Larson, P.R. 1969. Wood formation and concept of wood quality. Bulletin No. 74, Yale University School of Forestry. New Haven.
- Mosaffarian, M. 1996. A dictionary of Iranian plants names. Latin, English, Persian. Farhang Moaser. 22 p.
- Mosaffarian, M. 2003. Trees and shrubs of Iran. Farhang Moaser publication. Iran. 382 p.
- Morais, M.C and H. Pereira. 2007. Heartwood and sapwood variation in *Eucalyptus globulus* Labill. Trees at the end of rotation for pulpwood production. *Annals of Forest Science* 64(6):665-671.
- Nehdi, I. 2011. Characteristics, chemical composition and utilisation of *Albizia julibrissin* seed oil. *Industrial Crops and Products* 33:30-34.
- Panahian, G.H. and K. Rahnama. 2010. Fasarium wilts on native silk trees (*Albizia Julibrissin* Durz) in the north of Iran, Gorgan. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 1(1):1-5.
- Panshin, A. and C. de Zeeuw. 1980. Textbook of Wood Technology. 4th ed. McGraw-Hill. New York.
- Pinto, I.H. Pereira and A. Usenius. 2004. Heartwood and sapwood development within maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) stems. *Trees* 18:284-294.
- Sabeti, S. 1975. Trees and shrubs of Iran. Tehran University Press. p:25-26
- Sellin, A. 1994. Sapwood-heartwood proportion related to tree diameter, age, and growth rate in *Picea abies*, *Canadian Journal of Forestry Research* 24:1022-1028.
- Zhang, S.Y. 1997. Wood specific gravity-mechanical property relationship at species level. *Wood Science and Technology* 31:181-191.
- Zobel, B.J. and J. Sprague. 1998. Juvenile wood in trees. Springer-Verlag. New York.



Zobel, B.J. and J.P. van Buijtenen. 1989. Wood variation: Its causes and control. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.

Manuscrito recibido el 7 de agosto de 2014.
Aceptado el 19 de noviembre de 2015.

Este documento se debe citar como:
Kiaei, M. and M. Farsi. 2016. Vertical variation of density, flexural strength and stiffness of Persian silk wood. *Madera y Bosques* 22(1):169-175.



Estructura anatómica de la madera de dos encinos de Oaxaca

Anatomical structure of the wood of two oaks from Oaxaca, Mexico

Faustino Ruiz-Aquino^{1, 3}, Marcos M. González-Peña^{2*}, Juan I. Valdez-Hernández³ y Angélica Romero-Manzanares⁴

¹ Instituto de Estudios Ambientales. Universidad de la Sierra Juárez. Oaxaca, México

² División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México.

³ Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. Estado de México, México.

⁴ Posgrado en Botánica. Colegio de Postgraduados. Estado de México, México.

* Autor para correspondencia.
m.gonzalez@correo.chapingo.mx

RESUMEN

México es un centro de distribución para las especies del género *Quercus*, con 161 especies registradas, de las que 60 presentan características favorables para el aprovechamiento maderable. Aquí se describen las características anatómicas de la madera de *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*, y se correlacionan con su densidad básica, contracción volumétrica y dureza. La madera de *Q. laurina* presentó brillo alto y veteado medio, mientras que en *Q. crassifolia* fueron medio y pronunciado, respectivamente. Ambas especies presentan porosidad anular, poros solitarios de forma oval, radios uniseriados, multiseriados y agregados, parénquima apotraqueal difuso en agregados, y fibras libriformes y fibrotraqueidas. En *Q. laurina* se determinó una correlación entre el espesor de pared de las fibras y la densidad básica ($r = 0,97$), y entre el diámetro de lumen de las fibras y la contracción volumétrica ($r > 0,99$). En *Q. crassifolia*, las correlaciones más altas se dieron entre la contracción volumétrica y el espesor de pared de las fibras ($r = 0,97$), y con el diámetro de las fibras ($r = 0,93$). En los dos encinos, la contracción volumétrica alta y la presencia de radios muy anchos, indican una mayor propensión de la madera a presentar grietas y rajaduras durante el proceso de secado.

PALABRAS CLAVE: contracción volumétrica, densidad básica, dureza, *Quercus crassifolia*, *Quercus laurina*.

ABSTRACT

Mexico is a distribution center for the genus *Quercus*, with 161 species recorded; some 60 of these have favorable characteristics for lumber usage. Herein, we describe the anatomical characteristics of *Quercus crassifolia* and *Q. laurina* wood, and these characteristics are correlated with wood basic density, volumetric shrinkage, and hardness. *Quercus laurina* wood displayed high brightness and medium grain, while in *Q. crassifolia* these were medium and coarse, respectively. Wood from both species was ring-porous, with solitary oval pores; parenchyma was apotracheal diffuse-in-aggregates, and there were uniseriate, multiseriate and aggregate rays, as well as libriform fibers and fibrotracheids. In *Q. laurina*, strong correlations were found between the fiber wall thickness and basic density ($r = 0,97$), and between the lumen diameter and volumetric shrinkage ($r > 0,99$); while in *Q. crassifolia* the strongest correlations occurred between the volumetric shrinkage and both the fiber wall thickness ($r = 0,97$), and the fiber diameter ($r = 0,93$). In both oaks, a high volumetric shrinkage and the presence of very broad rays, indicate a high propensity of wood to develop cracks and splits upon drying.

KEYWORDS: volumetric shrinkage, basic density, hardness, *Quercus crassifolia*, *Quercus laurina*.

INTRODUCCIÓN

La familia Fagaceae comprende 8-10 géneros y más de 900 especies (Kremer *et al.*, 2012), donde el género *Quercus* presenta la mayor diversidad en la familia, con cerca de 400 especies (Aldrich y Cavender, 2011). En el continente americano se estiman 250 especies de encino (Oh y

Manos, 2008), de las que 161 se han registrado en México (Valencia, 2004); de esas especies, al menos 60 presentan características favorables para el aprovechamiento maderable en México (Quintanar, 2002). La mayoría de los encinos en México se encuentran en zonas montañosas con clima templado o templado subhúmedo, y más de

95% de las especies se encuentran entre los 1200 m snm y 2800 m snm (Rzedowski, 1978); la mayor riqueza de especies de *Quercus* se concentra en las montañas del sur (Nixon, 1993).

El predio comunal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, comprende 193,1 km², de los que 64,2% son de bosque templado, y donde *Quercus laurina* Humb. & Bonpl. y *Q. crassifolia* Humb. & Bonpl. cohabitan con *Arbutus xalapensis* Kunth, *Alnus acuminata arguta* (Schltdl.) Furlow y *Prunus serotina* Ehrh., entre otras latifoliadas, y con *Pinus* spp. (Aquino *et al.*, 2012; Ruiz-Aquino *et al.*, 2015a). En este bosque, coexisten 416 árboles por hectárea de *Q. laurina* y 419 árboles por hectárea de *Q. crassifolia*; en su mayoría con fustes rectos, limpios y cilíndricos (Ruiz-Aquino *et al.*, 2014).

Quercus laurina (subgénero *Erytrobalanus*), es un árbol de 10 m a 25 m de alto, tiene hojas deciduas, anchamente lanceoladas u oblanceoladas, de 7 cm a 10 cm de largo por 2,5 cm a 3 cm de ancho; su fruto es una bellota ovoide de 12 mm de largo (De la Paz Pérez *et al.*, 2006). Se distribuye a lo largo de la Sierra Madre Occidental, de la Sierra Madre del Sur y por la región occidental del cinturón volcánico, entre los (2000-2440) m snm y (3065-3300) m snm (González *et al.*, 2004; De la Paz Pérez y Dávalos, 2008). La madera de *Q. laurina* presenta grandes posibilidades de ser utilizada industrialmente, debido a su buen desempeño en el maquinado (Flores *et al.*, 2007; Flores *et al.*, 2013). Los árboles de *Q. crassifolia* (subgénero *Erytrobalanus*) alcanzan alturas de hasta 23 m, tienen hojas coriáceas, ovadas, obovadas o elípticas, de 7 cm a 17,5 cm de largo por 4,1 cm a 11,5 cm de ancho; su fruto es bianual, con cúpulas hemisféricas de 6 mm a 10 mm de largo (Valencia *et al.*, 2002). Se distribuye en la Sierra Madre Occidental al NO de México, la Sierra Madre del Sur, y a lo largo del Eje Neovolcánico (Tovar y Oyama, 2004), de 600 m snm a 2850 m snm (Coombes, 2012). Por la respuesta de su madera en operaciones de maquinado, puede emplearse en la elaboración de molduras, lambri- nes, muebles y parquet (De la Paz Pérez y Dávalos, 2008; Flores *et al.*, 2013).

OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio fueron determinar las características anatómicas de la madera de *Q. laurina* y *Q. crassifolia* proveniente de Ixtlán de Juárez, e identificar las diferencias entre las dos especies. También se evaluó la influencia de la estructura anatómica en la densidad, la contracción volumétrica, y la dureza de la madera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y selección de los árboles

Se utilizaron árboles provenientes de dos rodales con dominancia de especies del género *Quercus* en el bosque templado de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. El primer rodal, con dominancia de *Q. laurina*, a 17°21'22" LN y 96°27'42" LO, a una altitud de 2707 m snm. El segundo rodal, con dominancia de *Q. crassifolia*, a 17°21'08" LN y 96°27'31" LO, a una altitud 2631 m snm. Se seleccionaron tres árboles para cada especie, sanos y representativos, con un diámetro a 1,3 m sobre el nivel del piso entre 30 cm y 40 cm, y de 20 m a 25 m de altura. El derribo de los árboles y el troceo se hizo de acuerdo con Ramos y Díaz (1981), tomando para el estudio microscópico una rodaja de 5 cm de espesor a la altura de 1,30 m, y para la caracterización macroscópica, la siguiente rodaja, de 30 cm de espesor. El material restante de los árboles derribados se utilizó para cuantificar la biomasa aérea (Ruiz-Aquino *et al.*, 2014), y para la caracterización química y energética de la madera y el carbón de los dos encinos (Ruiz-Aquino *et al.*, 2015b). El depósito e identificación de los especímenes se realizó en el herbario de la Universidad de la Sierra Juárez, Oaxaca.

Caracterización macroscópica

La descripción macroscópica se hizo con tablillas de 1 cm x 7 cm x 15 cm, orientadas en los tres planos (De la Paz Pérez y Dávalos, 2008), utilizando la clasificaciones de Tortorelli (1956) para textura, porosidad, hilo y veteado, y de Ortega *et al.* (1988) para el brillo, olor y sabor; para la descripción del color, se usaron las tablas Munsell (1990).



Caracterización microscópica

De la rodaja para el estudio microscópico se cortaron cubos de 2 cm por lado (10 cubos de albura y 10 de duramen), los que se ablandaron saturándolos al vacío con agua destilada y luego calándolos en agua hirviendo por 10 min. Se cortaron secciones de 20 μm en los tres planos con un xilotomo SM2000R (Leica, Alemania), y se tiñeron con Pardo de Bismarck a 1% por 6 h. Luego se deshidrataron en una serie de alcoholes y finalmente se aclararon en xilol por 2 min; las secciones se montaron con resina sintética (Sandoval, 2005). Para obtener el material disociado, se cortaron astillas y se digirieron en la solución de Franklin (1946) a 60 °C por 24 h. Luego se enjuagaron y se tiñeron con Pardo de Bismarck, para hacer preparaciones temporales. Las mediciones se realizaron en un microscopio de luz DM 500, con cámara integrada ICC50 (Leica, Alemania). Los vasos se clasificaron en vasos con diámetro ancho ($> 150 \mu\text{m}$) y vasos con diámetro angosto ($\leq 150 \mu\text{m}$) (Chávez *et al.*, 2010). Se midió el diámetro mayor de los vasos en el corte transversal ($n = 600$ por especie), y la longitud de elementos de vaso en el material disociado ($n = 90$ por especie); las mediciones se realizaron de acuerdo con IAWA (1989). También se realizaron 120 mediciones por especie de la longitud y ancho de las fibras, del diámetro de lumen y el espesor de pared de las fibras, del alto y ancho de los radios uniseriados, del ancho y número de series en radios multiseriados, y del número de vasos por milímetro cuadrado. Los elementos mensurables se clasificaron con base en la media de acuerdo a la clasificación de Chattaway (1932), IAWA (1939) y Tortorelli (1956). Para determinar la altura de los radios multiseriados, se midieron con un vernier 32 radios completos en la albura y en el duramen de cada especie, utilizando las tablillas de la caracterización macroscópica, sin hacer distinción del árbol al que pertenecían.

Para el estudio al microscopio electrónico de barrido, se cortaron cubos de madera de 5 mm por lado, se deshidrataron en una serie etanólica creciente, y se recubrieron con oro. Se utilizó un microscopio JSM-6390 (JEOL Ltd., Japón), operando a 15 kV.

Propiedades físicas y dureza

Con el objetivo de establecer la influencia de las estructuras anatómicas sobre dos propiedades físicas y una propiedad mecánica de la madera, se utilizaron probetas de una mezcla de albura y duramen para determinar la densidad básica (DB) ($n=36$ por especie), la contracción volumétrica (CV, $n=36$) y la dureza ($n=24$), siguiendo la norma ASTM D 143-94 (ASTM, 2007). Estas propiedades se clasificaron de acuerdo a Sotomayor (2005), Chávez-Doldán (2007) y Dávalos y Bárcenas (1999), en el mismo orden. El material para estas determinaciones se obtuvo de la primera troza comercial de 1,20 m de longitud de cada árbol, aserrada en cuartos, para obtener polines de 7 cm x 7 cm x 120 cm con sus tres planos típicos definidos (Najera *et al.*, 2005).

Análisis estadístico

Para determinar diferencias entre los elementos celulares de las especies estudiadas, se realizó un análisis de varianza, seguido de un análisis de comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0,05$). Para determinar la relación de los elementos celulares con la densidad básica, la contracción volumétrica y la dureza de la madera, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r). Los análisis estadísticos se realizaron usando el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización macroscópica

En general, el duramen fue más oscuro que la albura, aunque no se observó una diferencia muy marcada entre el color de la albura y del duramen en las dos especies. La madera de *Q. laurina* fue más clara que la de *Q. crassifolia*, tanto en albura como en duramen (Tabla 1). El sabor amargo de la madera es una característica común en las dos especies, resultado de la cantidad de extractivos presentes como taninos y polifenoles. Honorato y Hernández (1998) cuantificaron los taninos de la madera de *Q. laurina* y de *Q. crassifolia*, 1,17% y 1,52% en el mismo orden, sin diferencias estadísticas entre las dos especies. La porosidad anular de las dos especies es similar a la

TABLA 1. Características anatómicas macroscópicas de la madera de *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*.

Característica		Descripción	
		<i>Quercus laurina</i>	<i>Quercus crassifolia</i>
Color	Albura	Blanco 10YR 8/2	Castaño muy pálido 10YR 8/4
	Duramen	Gris claro 10YR 7/2	Gris rosáceo 7.5 YR 6/2
Olor		No característico	No característico
Sabor		Amargo	Amargo
Brillo		Alto	Medio
Veteado		Medio	Pronunciado
Textura		Media	Gruesa
Hilo		Recto	Recto
Porosidad		Anular	Anular

encontrada por De la Paz Pérez y Dávalos (2008) y tiene influencia sobre el veteado de la madera. Otras características anatómicas macroscópicas se presentan en la tabla 1.

Caracterización microscópica

Radios

Una de las características anatómicas más notable de la madera de encino es la presencia de radios multiseriados. Las especies que aquí se describen presentan radios uniseriados, multiseriados y agregados. Las dimensiones y el número de células de los radios se consignan en la tabla 2. En las dos especies, los radios leñosos son homogéneos (Fig. 1A, 1B), formados por células procumbentes (Fig. 1C, 1D), lo que coincide con De la Paz Pérez *et al.* (2006) y De la Paz Pérez y Dávalos (2008). Los radios uniseriados en la madera de albura de *Q. laurina* son 3,5% más altos que los de *Q. crassifolia*; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la altura de los radios entre albura-albura, duramen-duramen y albura-duramen de ambas especies. Según la clasificación de Chattaway (1932), los radios uniseriados se clasifican como extremadamente bajos; respecto al ancho, los radios uniseriados se clasifican de extremadamente finos a muy finos (IAWA, 1939). Se encontraron diferencias estadísticas significati-

vas entre albura y duramen de *Q. laurina* ($p = 0,006$), albura y duramen de *Q. crassifolia* ($p = 0,046$), y en albura-albura ($p = 0,001$) y en duramen-duramen ($p = 0,038$) de las dos especies. Las medias halladas en el presente estudio para *Q. laurina*, en los radios uniseriados (número de células) y en los radios multiseriados (número de series), fueron mayores a los encontrados para la misma especie por De la Paz Pérez y Dávalos (2008), 11 células y 21 series. Para *Q. crassifolia*, De la Paz Pérez *et al.* (2005) encontraron radios multiseriados muy anchos (387 μm , 20 series), valores menores a los que se obtuvieron en este estudio. No se encontraron diferencias significativas al comparar la altura de los radios multiseriados entre la albura-albura y el duramen-duramen de las dos especies. En *Q. laurina*, la altura de los radios multiseriados fue de 17,6 mm \pm 3,4 mm y de 13,2 mm \pm 1,5 mm en albura y duramen, respectivamente; mientras que en *Q. crassifolia*, la misma altura fue de 16,7 mm \pm 3,1 mm y 13,4 mm \pm 3,1 mm, en el mismo orden. Estas alturas son comparables con las obtenidas previamente para los radios multiseriados de *Q. laurina* (1,5 mm a 2,0 mm) y *Q. crassifolia* (0,7 mm a 1,5 mm) por De la Paz Pérez y Dávalos (2008). Por otra parte, en cada una de las dos especies, los radios multiseriados fueron significativamente más altos en la albura que en el duramen ($p < 0,001$ en los dos casos). Las

TABLA 2. Dimensiones y número de células de radios de la madera de *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*.

Dimensiones	Quercus laurina				Quercus crassifolia			
	Árbol			Media (DE)	Árbol			Media (DE)
	1	2	3		1	2	3	
Radios uniseriados albura								
Altura (µm)	420,2	349,8	414,1	394,7 (68)	357,4	387,8	381,3	375,5 (78)
Ancho (µm)	12,3	15,6	14,1	14,0 (3,7)	16,6	15,3	16,7	16,2 (3,4)
No. células	20,5	17,1	18,7	18,7 (3,7)	14,4	19,4	16,7	16,8 (4,6)
Radios uniseriados duramen								
Altura (µm)	354,1	412,1	375,9	380,7 (82)	369,8	385,2	367,5	374,2 (75)
Ancho (µm)	16,1	16,4	15,5	16,0 (4,1)	21,4	15,3	16,8	17,8 (5,3)
No. células	16,0	19,2	17,3	17,5 (4,3)	16,7	18,3	16,2	17,1 (3,5)
Radios multiseriados albura								
Ancho (µm)	434,0	309,6	280,7	341,5 (90)	464,0	363,7	438,3	422,0 (121)
No. series	30,9	24,6	21,8	25,7 (5,6)	28,2	21,9	25,1	25,0 (6,1)
Radios multiseriados duramen								
Ancho (µm)	493,5	288,5	323,4	368,4 (120)	384,4	409,2	643,0	478,9 (170)
No. series	34,9	22,5	25,0	27,4 (7,5)	23,8	24,2	31,7	26,6 (7,0)

DE: desviación estándar

dimensiones de los radios son de las variables anatómicas que más influencia tienen en el proceso de secado, debido a que presentan una pared celular primaria flexible, poco engrosada y constituyen puntos débiles en la madera por la ausencia de la pared secundaria (Metcalf y Chalk, 1985). En conjunción con su densidad alta, acentúan las contracciones altas en la madera, ocasionando problemas en su industrialización. Por otra parte, los radios visibles a simple vista, son un carácter anatómico valioso de la figura de la madera de encino, apreciado en la fabricación de pisos, muebles y chapas.

Vasos y parénquima axial

Con respecto a su longitud, los elementos de vaso se clasifican como medianos en ambas especies (Chattaway, 1932). En el plano transversal, los vasos presentan poros con diámetro tangencial de moderadamente pequeños a moderadamente grandes (IAWA, 1939). En la albura de

ambas especies, los poros por milímetro cuadrado son escasos y en el duramen moderadamente escasos (Chattaway, 1932). La consideración del diámetro y la cantidad de poros por milímetro cuadrado es importante en las operaciones de acabado y pegado, ya que a mayor número por milímetro cuadrado, es más difícil darle un buen acabado a la madera y la adhesión de las superficies es menor. También tiene relevancia en los procesos de impregnación de la madera, pues la presencia de vasos numerosos es deseable para facilitar el movimiento y la distribución uniforme de los preservadores (Honorato, 2002). Las dimensiones de los vasos se presentan en la tabla 3.

La madera de *Q. laurina* presentó porosidad anular (Fig. 2A), similar a la encontrada para esta especie por De la Paz Pérez y Quintanar (2001) y De la Paz Pérez y Dávalos (2008), pero diferente a la porosidad semianular obtenida por Aguilar y Castro (2006) y De la Paz Pérez *et al.*

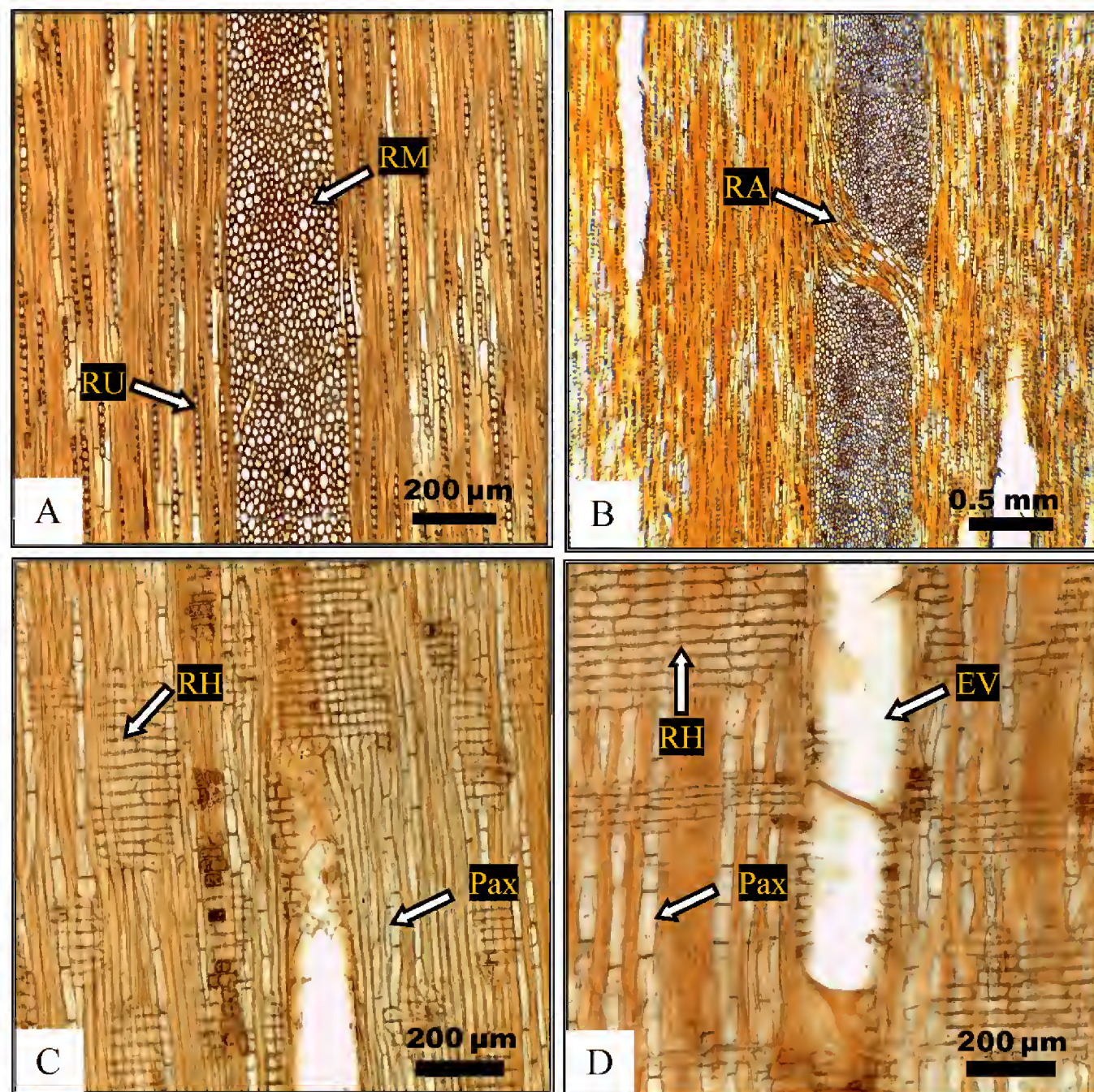


FIGURA 1. A) *Quercus laurina*, duramen árbol 3 (10x), RU = radio uniseriado; RM = radio multiseriado. B) *Q. crassifolia*, albur árbol 2 (4x); RA = radio agregado. C) *Q. laurina*, duramen árbol 1 (10x), RH = radio homogéneo, Pax = parénquima axial. D) *Q. crassifolia*, albur árbol 1 (10x), EV = elemento de vaso.

(2006). Los poros son de contorno oval y circular, solitarios y arreglados en hileras radiales, presentan tílides en la madera de duramen (Fig. 2B). Los elementos de vaso (Fig. 2C) presentan placas perforadas simples y puntuaciones areoladas alternas de forma oval (Fig. 2D), no presentan engrosamiento de la pared celular. El parénquima axial es apotraqueal difuso en agregados.

La madera de *Q. crassifolia*, presentó porosidad anular (Fig. 3A), lo que coincide con lo descrito para la misma especie por De la Paz Pérez y Dávalos (2008) y De la Paz Pérez y Quintanar (2001). La porosidad anular mejora las características estéticas de la madera, haciendo el veteado más atractivo. Los poros son de contorno oval y circular, solitarios y arreglados en hileras radiales y presentan tílides en la madera de duramen (Fig. 3B, Fig. 4A). Los ele-

mentos de vaso presentan placas perforadas simples (Fig. 4B), y puntuaciones areoladas alternas de forma oval (Fig. 3D), con ausencia de engrosamientos de la pared celular. El parénquima axial es apotraqueal difuso en agregados. Se encontraron diferencias estadísticas entre las especies estudiadas en el número de poros por milímetro cuadrado en madera de duramen ($p = 0,007$), y en el diámetro de poros menores a 150 µm en albur y duramen ($p < 0,001$).

Fibras, fibrotraqueidas y traqueidas vasicéntricas

Las dimensiones de las fibras y las características de los radios multiseriados, son las variables que más influencia tienen en las propiedades físicas y mecánicas de la madera y para establecer la factibilidad de utilizar la madera en la producción de pulpa, papel, y tableros de fibras. Las dos

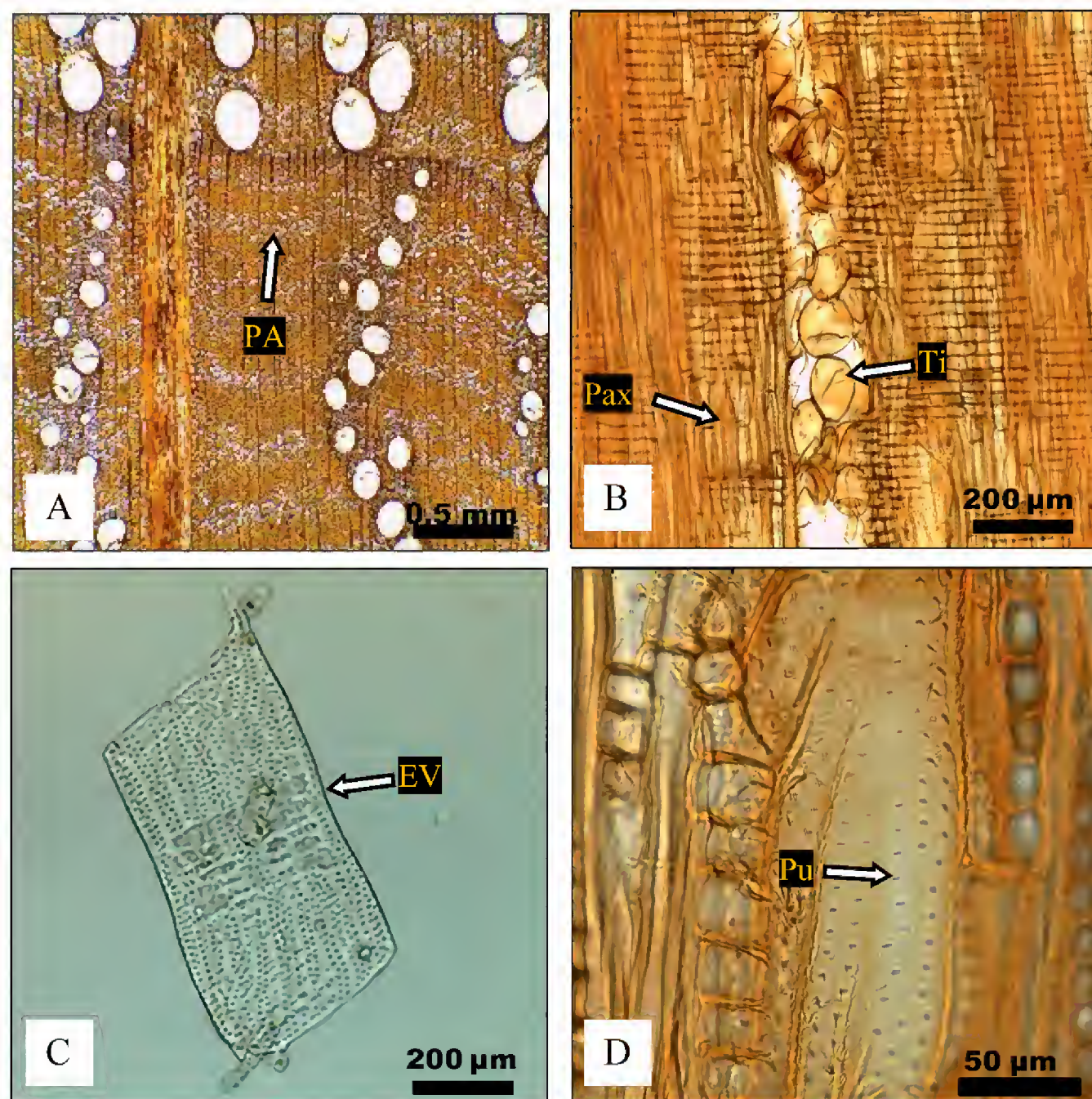


FIGURA 2. *Quercus laurina* A) albura árbol 2, porosidad anular, PA = parénquima apotraqueal difuso (4x). B) duramen árbol 1, Pax = parénquima axial, Ti = tílides (10x). C) EV = elemento de vaso en albura (madera temprana), material disociado árbol 1 (10x). D) Pu = puntuaciones areoladas alternas en elemento de vaso, duramen árbol 3 (40x).

especies presentan fibras de tipo libriforme, fibrotraqueidas y traqueidas vasicéntricas; en el duramen de *Q. crassifolia* se identificaron fibras septadas aisladas (Fig. 4D). Con respecto a la clasificación de IAWA (1937), las fibras de albura de ambas especies se clasifican como moderadamente largas, mientras que las de duramen como fibras medianas (Tabla 4). Con base en el diámetro, las fibras de albura se clasifican como medianas y las de duramen como finas; con referencia al espesor de la pared, *Q. crassifolia* presentó fibras de pared gruesa en albura y duramen, mientras para *Q. laurina* la pared es gruesa en albura y muy gruesa en duramen (Tortorelli, 1956).

Se encontraron diferencias significativas entre la longitud ($p < 0,001$), el diámetro ($p = 0,002$) y el espesor de pared ($p < 0,001$) de fibras de albura y duramen de *Q.*

laurina, y también entre la longitud ($p < 0,001$) y el diámetro ($p < 0,001$) de fibras de albura y duramen de *Q. crassifolia*. No se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tres parámetros al comparar las fibras de albura-albura y duramen-duramen de las dos especies ($p > 0,05$).

Propiedades físicas

La densidad básica (DB) de la madera de *Q. laurina* fue de $0,693 \text{ g cm}^{-3}$, superior a los $0,600 \text{ g cm}^{-3}$ encontrados por Honorato y Fuentes (2001) para la misma especie y a los $0,652 \text{ g cm}^{-3}$ de De la Paz Pérez y Dávalos (2008). En *Q. crassifolia*, la DB fue de $0,666 \text{ g cm}^{-3}$, similar a los $0,687 \text{ g cm}^{-3}$ hallados por De la Paz Pérez y Dávalos (2008) (Tabla 5). Las diferencias en la densidad de la madera ocurren

TABLA 3. Dimensiones de los vasos de la madera de *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*.

Dimensiones	Quercus laurina				Quercus crassifolia			
	Árbol			Media (DE)	Árbol			Media (DE)
	1	2	3		1	2	3	
Albura								
D (> 150 μm)	205,0	282,8	286,7	258,2 (52,4)	276,7	262,8	250,4	263,3 (40,9)
D (≤150 μm)	95,8	100,6	109,3	101,9 (21,6)	135,5	117,1	113,8	122,1 (22,6)
Longitud (μm)	426,0	427,2	487,0	446,7 (87,6)	419,2	524,7	496,2	480,0 (109)
Número/mm²	5,2	4,4	4,8	4,8 (1,6)	4,9	4,2	5,2	4,8 (1,3)
Duramen								
D (> 150 μm)	201,5	258,7	257,0	239,1 (45,6)	241,4	255,5	216,3	237,7 (35,9)
D (≤150 μm)	100,0	97,6	98,6	98,7 (19,5)	112,7	119,1	120,0	117,3 (18,6)
Longitud (μm)	420,9	440,8	417,5	426,4 (86,7)	447,8	481,5	455,0	461,5 (86,6)
Número/mm²	4,6	5,3	5,2	5,2 (2,6)	5,6	5,0	5,9	5,5 (1,6)

DE = desviación estándar; D = diámetro (µm)

TABLA 4. Dimensiones de las fibras de la madera de *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*.

Dimensiones	Quercus laurina				Quercus crassifolia			
	Árbol			Media (DE)	Árbol			Media (DE)
	1	2	3		1	2	3	
Albura								
Longitud (mm)	1,9	1,7	1,8	1,8 (0,2)	1,7	1,9	2,0	1,9 (0,2)
Diámetro (µm)	22,6	28,3	27,1	26,0 (5,8)	26,2	26,0	28,1	26,7 (4,1)
DL (µm)	7,7	10,4	9,4	9,2 (3,5)	9,8	12,7	9,9	10,8 (11)
EP (µm)	7,5	9,0	8,8	8,4 (1,9)	8,2	6,6	9,1	8,0 (5,5)
Duramen								
Longitud (mm)	1,5	1,7	1,7	1,6 (0,2)	1,6	1,7	1,6	1,6 (0,1)
Diámetro (µm)	24,7	22,0	22,7	23,1 (3,9)	23,1	23,5	22,8	23,1 (4,3)
DL (µm)	10,2	7,6	8,7	8,8 (2,5)	8,4	7,4	8,0	7,9 (2,0)
EP (µm)	7,3	7,2	7,0	7,1 (1,3)	7,4	8,1	7,4	7,6 (1,8)

DL = diámetro del lumen; EP = espesor de pared (µm)

por cambios en la proporción de los elementos constitutivos del xilema, como vasos, fibras y células de parénquima, y a la variación en el espesor de la pared celular del esclerénquima, atribuidas a las condiciones climáticas y

de suelo de las distintas regiones donde crecen los individuos (Bernal y Terrazas, 2000; Montañaño *et al.*, 2013). La DB de las dos especies fue alta, de acuerdo con la clasificación de Sotomayor (2005). Como se esperaba de una

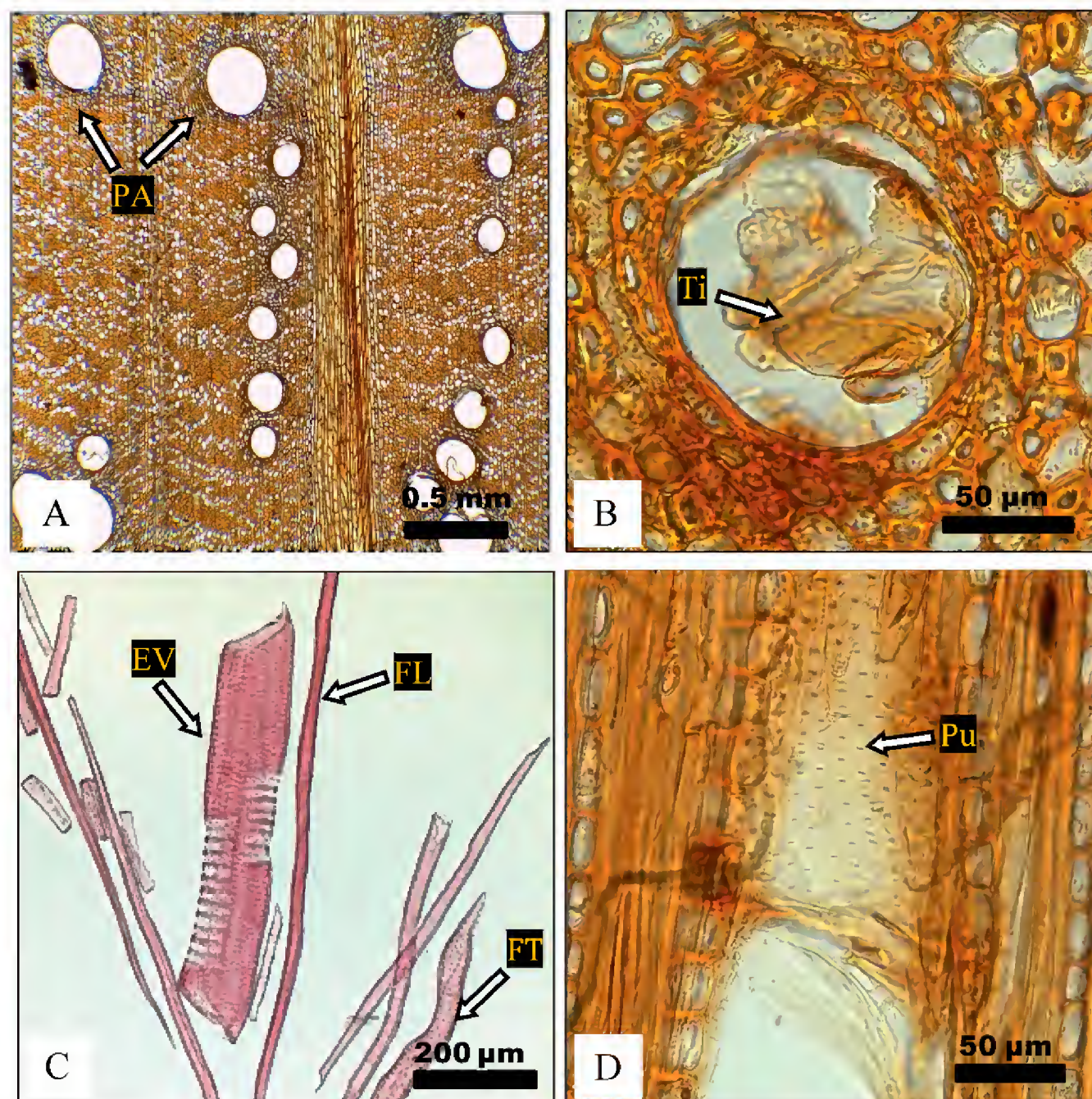


FIGURA 3. *Quercus crassifolia*, duramen árbol 2 A) porosidad anular (4x); PA = parénquima apotraqueal difuso. B) Ti = tílide, duramen árbol 3 (40x). C) EV = elemento de vaso en albura (madera tardía), material disociado árbol 3; FT = fibrotraqueida; FL = fibra libriforme (10x). D) Pu = puntuaciones areoladas alternas en elemento de vaso, albura árbol 1 (40x).

madera de densidad alta, la contracción volumétrica de las dos especies también fue alta, de acuerdo con la clasificación de Chávez-Doldán (2007). Una contracción volumétrica alta indica una menor estabilidad dimensional de la madera, lo que precisa mayor cuidado en el proceso de secado de la madera, ya que habrá una mayor tendencia a la presencia de agrietamiento y rajaduras en el material.

La dureza de la madera de *Q. laurina* fue superior a la de *Q. crassifolia* (Tabla 5) y ambas especies se clasifican como de dureza alta, de acuerdo con Dávalos y Bárcenas (1999). La dureza, como las demás propiedades físicas de la madera, están directamente relacionadas con la DB; en este estudio, *Q. laurina* presentó una DB superior a *Q. crassifolia*, lo que es consistente con los valores de dureza encontrados.

Relación entre propiedades físicas y parámetros anatómicos

De acuerdo con el análisis de correlación, se encontraron correlaciones significativas entre las propiedades físicas y algunos parámetros anatómicos (Tabla 6). Para *Q. laurina*, las correlaciones positivas más altas se dieron entre la densidad básica (DB) y el ancho de los radios uniseriados ($r = 0,98$) y, como se anticipaba, entre la DB y el espesor de la pared de la fibra (EPF) ($r = 0,97$). También se encontraron correlaciones positivas altas entre la contracción volumétrica y el diámetro de lumen (DL) ($r = 1,00$) y entre el ancho de los radios multiseriados (ARM) y la dureza ($r = 0,83$). En *Quercus crassifolia*, se encontraron correlaciones positivas altas entre la DB y el DL ($r = 0,99$),

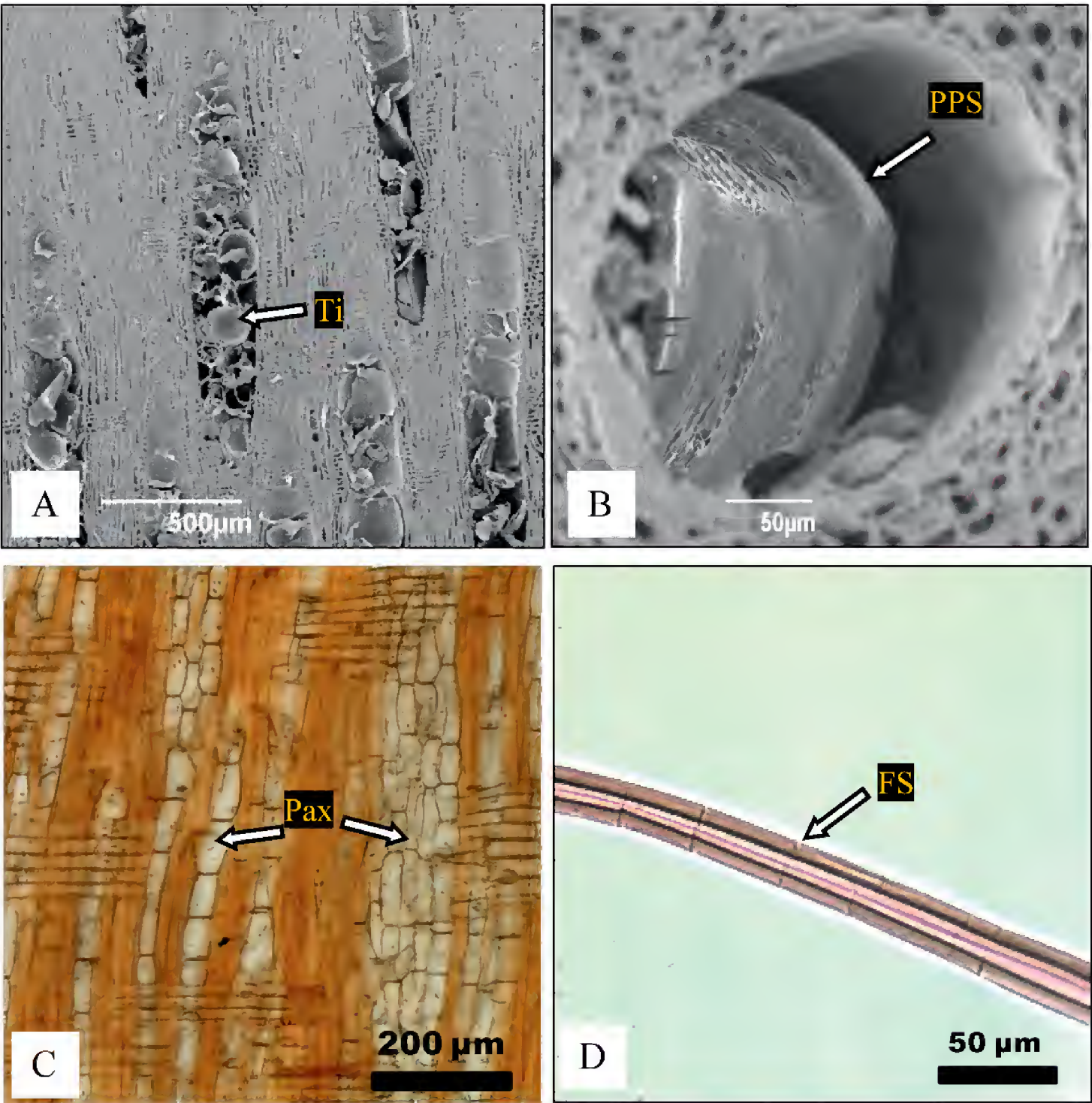


FIGURA 4. *Quercus crassifolia*. Microscopio electrónico de barrido: A) Ti = tílides en elemento de vaso, corte radial, duramen árbol 1. B) PPS = placa perforada simple, albura árbol 3. Microscopio de luz: C) Pax = parénquima axial, albura árbol 1 (10x). D) Fibra septada (FS), duramen árbol 2 (40x).

TABLA 5. Propiedades físicas de la madera de *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*.

Propiedades físicas	<i>Quercus laurina</i>				<i>Quercus crassifolia</i>			
	Árbol			Media (DE)	Árbol			Media (DE)
	1	2	3		1	2	3	
DB (g cm ⁻³)	0,685	0,704	0,690	0,693 (0,02)	0,656	0,681	0,661	0,666 (0,02)
CV (%)	17,94	19,93	21,09	19,65 (1,54)	16,61	16,18	16,81	16,53 (1,14)
DJ (kN)	10,10	8,64	6,90	8,55 (2,22)	7,82	7,37	9,03	8,08 (1,13)

DE = Desviación estándar; DB = Densidad básica; CV = Contracción volumétrica; DJ = Dureza Janka, cara transversal (carga máxima)

TABLA 6. Correlación entre propiedades físicas y parámetros anatómicos de la madera de *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*.

Propiedades físicas	Coeficiente de correlación (r)							
	DV > 150	DV < 150	LV	DF	EPF	DL	ARU	ARM
Quercus laurina								
Densidad básica	0,86	0,19	0,36	0,94	0,97	0,58	0,98	-0,87
Contracción Vol.	0,94	0,89	0,95	0,85	0,80	1,00	0,46	-0,93
Dureza	-0,85	-0,96	-0,99	-0,73	-0,66	-0,99	-0,27	0,83
Quercus crassifolia								
Densidad básica	0,50	-0,36	0,80	-0,41	-0,85	0,99	-0,79	-0,69
Contracción Vol.	-0,75	0,05	-0,14	0,93	0,97	-0,99	0,57	0,88
Dureza	-0,97	-0,40	-0,14	0,93	0,98	-0,80	0,14	1,00

DV = diámetro del vaso; LV = longitud de los elementos del vaso; DF = diámetro de la fibra; EPF = espesor de pared de la fibra; DL = diámetro de lumen de las fibras; ARU = ancho de radios uniseriados; ARM = ancho de radios multiseriados

entre la contracción volumétrica y el EPF ($r = 0,97$) y entre la dureza y el ARM ($r = 1,00$).

Cabe señalar que, junto con los vasos, las fibras presentan características distintas en las diferentes capas de las zonas de crecimiento en las angiospermas de porosidad anular como las aquí estudiadas. Sería deseable que los futuros esfuerzos en la descripción anatómica de los encinos incluyeran un análisis de las características anatómicas de la madera temprana y de la madera tardía, así como de la relación que guardan dichas características con las propiedades físicas (e.g. densidad) y mecánicas (e.g. resistencia al impacto) de la madera.

CONCLUSIONES

La madera de *Q. laurina* presentó una tonalidad más clara con respecto a *Q. crassifolia* y el atractivo veteado de estos dos encinos permite disponer su utilización en productos decorativos. La madera de las dos especies pudo diferenciarse por el brillo alto y la textura media en *Q. laurina*, contra un brillo medio y una textura gruesa en *Q. crassifolia*. Las dos especies mostraron similitud en todos sus caracteres microscópicos, aunque en *Q. crassifolia* se encontraron fibras septadas. Estadísticamente se determinaron diferencias significativas entre las dos espe-

cies en el ancho de los radios uniseriados en albura y duramen, en el número de poros por milímetro cuadrado en el duramen y en el diámetro de poros menores a 150 µm en albura y duramen. Se determinó una correlación alta entre el espesor de pared de las fibras y la densidad básica en *Q. laurina* y entre el espesor de pared de las fibras y la contracción volumétrica en *Q. crassifolia*. Ambas especies mostraron correlación alta entre la contracción volumétrica y el diámetro de las fibras. Por otra parte, la dureza alta indica que la madera de estas especies puede utilizarse en la fabricación de pisos de tráfico pesado. Finalmente, la alta contracción volumétrica aquí determinada, conlleva a implementar programas de secado con condiciones de temperatura y humedad rigurosamente controladas.

RECONOCIMIENTOS

Al Programa de Mejoramiento al Profesorado (Promep) por la beca otorgada al primer autor (Folio UNSIJ/001). A la Dra. Amparo Borja de la Rosa por sus sugerencias y facilidades para usar los instrumentos del Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la UACH. Al Ing. Gonzalo Novelo González por su apoyo en los ensayos con la máquina universal. Al Biól. Gabriel González Adame por su ayuda en la colecta e identificación del material.

REFERENCIAS

- Aguilar, S. y B.J. Castro. 2006. Anatomía de la madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del Estado de México. *Madera y Bosques* 12(1):95-115.
- Aldrich, P.R. y J. Cavender B. 2011. *Quercus*. In: C. Kole, ed. Wild crop relatives: genomic and breeding resources, forest trees. Springer, Berlin Heidelberg. p:89-129.
- Aquino, C., F. Ruiz-Aquino y M.E. Fuente. 2012. Caracterización del patrimonio natural de la comunidad de Ixtlán de Juárez: una aproximación desde el espacio territorial. In: M.E. Fuente C., F. Ruiz A. y C. Aquino V., eds. Conocimiento indígena contemporáneo y patrimonio biocultural en la Sierra Juárez de Oaxaca: Aportaciones empíricas y analíticas hacia la sustentabilidad. Universidad de la Sierra Juárez, México. p:35-59.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 2007. ASTM D143-94. Standard Test methods for small clear specimens of timber. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania 32 p.
- Bernal, S. y T. Terrazas. 2000. Influencia climática sobre la variación radial de caracteres anatómicos de madera en *Abies religiosa*. *Madera y Bosques* 6(1):73-86.
- Coombes, A. 2012. *Quercus crassifolia*. *Curtis's Botanical Magazine* 29(2):162-169.
- Chattaway, M. 1932. Proposed standards for numerical values used in describing woods. *Tropical Woods* 29:20-28.
- Chávez, D. M., S. Aguilar y T. Terrazas. 2010. Variación anatómica en la madera de *Quercus obtusata* (Fagaceae). *Madera y Bosques* 16(2):69-87.
- Chávez-Doldán, N.S., D. Ramírez H. y M.G. Ovelar. 2007. Estudio de los cambios dimensionales de la madera de *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride (yvyra pere) secada en cámara solar. *Investigación Agraria* 9(2):72-77.
- Dávalos, R. y G. M. Bárcenas. 1999. Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas en condición "seca". *Madera y Bosques* 5(1):61-69.
- De la Paz-Pérez, C. y A. Quintanar. 2001. Características anatómicas de la madera de *Quercus castanea* Née, *Q. crassifolia* Humb. et Bonpl. y *Q. laurina* Humb. et Bonpl. *Revista Ciencia Forestal en México* 24 (85):95-115.
- De la Paz-Pérez, C. y R. Dávalos. 2008. Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. *Madera y Bosques* 14(3):43-80.
- De la Paz-Pérez, C., R. Dávalos y A. Quintanar. 2005. Influencia de los radios en algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de ocho encinos (*Quercus*) de Durango, México. *Madera y Bosques* 11(2):49-68.
- De la Paz-Pérez, C., S. Vélez y J. Ceja. 2006. Anatomía de la madera de ocho especies de *Quercus* (Fagaceae) de Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 12(1):63-94.
- Flores, R., M.E. Fuentes, J. Quintanar y J.C. Tamarit. 2013. Maquinado de cuatro especies maderables de encino de la sierra de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(16):22-33.
- Flores, R., J.V. Rangel, J. Quintanar, M.E. Fuentes y L. Vázquez. 2007. Calidad de maquinado de la madera de *Quercus affinis* y *Quercus laurina*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13(1): 41-46.
- Franklin, G.L. 1946. A rapid method of softening wood for microtome sectioning. *Tropical Woods* 88:35-36.
- González, A., D.M. Arias, S. Valencia y K. Oyama. 2004. Morphological and RAPD analysis of hybridization between *Quercus affinis* and *Q. laurina* (Fagaceae), two Mexican red oaks. *American Journal of Botany* 91(3):401-409.
- Honorato, J.A. 2002. Características anatómicas de la madera de encino. In: O.J. Quintanar, ed. Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Inifap-CIRCE. C. E. San Martinito. Puebla, México. p:34-68.
- Honorato, J. A. y J. Hernández. 1998. Determinación de componentes químicos de la madera de cinco especies de encino del estado de Puebla. *Madera y Bosques* 4(2):79-93.
- Honorato, J. A. y M.E. Fuentes. 2001. Propiedades físico-mecánicas de la madera de cinco especies de encino del estado de Guanajuato. *Revista Ciencia Forestal en México* 26(90):5-28.
- IAWA Committee. 1937. Standard terms of length of vessel members and wood fibers. *Tropical Woods* 51:21-22.
- IAWA Committee. 1939. Standard terms of size for vessel diameter and ray width. *Tropical Woods* 59:51-52.



- IAWA Committee. 1989. List of macroscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin* 10(3):219-332.
- Kremer, A., A.G. Abbott, J.E. Carlson, P.S. Manos, C. Plomion, P. Sisco, M.E. Staton, S. Ueno y G.G. Vendramin. 2012. Genomics of Fagaceae. *Tree Genetics & Genomes* 8(3):583-610.
- Metcalf, C.R. y L. Chalk. 1985. Anatomy of the dicotyledons: Wood structure and conclusion of the general introduction. Clarendon Press. Oxford. 297 p.
- Montaño, S.A., S.L. Camargo y C. de la Paz-Pérez. 2013. Ecoanatomía de los elementos de vaso de la madera de cinco especies del género *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae). *Botanical Sciences* 91(1):1-10.
- Munsell Color Company. 1975. Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland. 17 p.
- Nájera, J.A., Z. Vargas, J. Méndez y J.J. Graciano. 2005. Propiedades físicas y mecánicas de la madera en *Quercus laeta* Liemb. de El Salto, Durango. *Ra Ximhai* 1(03):559-576.
- Nixon, K.C. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. In: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, y J. Fa, eds. Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press. Nueva York, EUA. p:447-458.
- Oh, S.H. y P.S. Manos. 2008. Molecular phylogenetics and cupule evolution in Fagaceae as inferred from nuclear CRABS CLAW sequences. *Taxon* 57(2):434-451.
- Ortega, F., L. Guerrero, T. Carmona y C. Córdoba. 1988. Angiospermas arbóreas de México. Núm. 1. Anatomía de la madera de 28 especies de Cosautlán de Carvajal, Veracruz. Boletín Técnico La Madera y su Uso No. 19. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos-Universidad Autónoma Metropolitana Atzacapotzalco. México. D.F. 206 p.
- Quintanar, J. 2002. Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Inifap-CIRCE. C. E. San Martinito. Puebla, México.
- Ramos, C.H. y V. Díaz. 1981. Instrucciones para recolectar muestras de madera para estudios tecnológicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Divulgativo.
- Ruiz-Aquino, F., J.I. Valdez, F. Manzano, G. Rodríguez, A. Romero y M.E. Fuentes. 2014. Ecuaciones de biomasa aérea para *Quercus laurina* y *Q. crassifolia* en Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 20(2):33-48.
- Ruiz-Aquino, F., J. I. Valdez, A. Romero, F. Manzano y M. E. Fuentes. 2015a. Spatial distribution of two oak species and ecological attributes of pine-oak woodlands from Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 21(1):67-80.
- Ruiz-Aquino, F., M.M. González-Peña, J.I. Valdez, U.S. Revilla y A. Romero. 2015b. Chemical characterization and fuel properties of wood and bark of two oaks from Oaxaca, Mexico. *Industrial Crops and Products* 65:90-95.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Sandoval, E. 2005. Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. Cuadernos del Instituto de Biología 38. UNAM. México, D.F. 281 p.
- SAS Institute. 1989. SAS user's guide statistics. Cary, North Carolina. SAS Institute Inc.
- Sotomayor, J.R. 2005. Características mecánicas y clasificación de la madera de 150 especies mexicanas. *Investigación e Ingeniería de la Madera* 1(1):1-24.
- Tortorelli, L. 1956. Maderas y bosques argentinos. ACME. Buenos Aires. 910 p.
- Tovar, E. y K. Oyama. 2004. Natural hybridization and hybrid zones between *Quercus crassifolia* and *Quercus crassipes* (Fagaceae) in Mexico: morphological and molecular evidence. *American Journal of Botany* 91(9):1352-1363.
- Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 75:33-53.
- Valencia, S., M. Gómez. y F. Becerra. 2002. Catálogo de encinos del estado de Guerrero, México. Libro Técnico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 180 p.

Manuscrito recibido el 17 de mayo de 2014.
Aceptado el 10 de noviembre de 2015.

Este documento se debe citar como:
Ruiz-Aquino, F., M.M. González-Peña, J.I. Valdez-Hernández y A. Romero-Manzanares. 2016. Estructura anatómica de la madera de dos encinos de Oaxaca. *Madera y Bosques* 22(1):177-189.



Anatomía de la madera de tres especies de *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae) distribuidas en México

Wood anatomy of three species of *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae) occurring in Mexico

Susana Adriana Montaña-Arias^{1*}, Sara Lucía Camargo-Ricalde¹ y Rosaura Grether¹

¹ Departamento de Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Ciudad de México, México. rogg@xanum.uam.mx, slcr@xanum.uam.mx

* Autor de correspondencia. arias_susan@hotmail.com

RESUMEN

La diversidad morfológica del género *Mimosa* y su problemática taxonómica han propiciado la búsqueda de caracteres en otras fuentes de evidencia como la anatomía de la madera. Se realizó un estudio comparativo de la anatomía de la madera de tres especies de *Mimosa* distribuidas en México: *M. arenosa*, *M. lacerata* y *M. polyantha* (Sección *Batocaulon*); la primera de amplia distribución en la vertiente del Pacífico en México, Nicaragua, Colombia, Venezuela y Brasil; mientras que las otras dos especies son endémicas de México. Del tallo de tres individuos por especie se colectó una troza de 80 cm de largo, a 80 cm de distancia del suelo. Se hicieron 25 mediciones de 15 caracteres anatómicos por individuo. Los resultados indican que los caracteres distintivos a nivel específico son: el tipo de porosidad, el tipo y la predominancia del parénquima axial y la presencia o ausencia de traqueidas vasicéntricas y de cristales prismáticos.

PALABRAS CLAVE: anatomía comparada, *Batocaulon*, características anatómicas, Centroamérica, Sudamérica, taxonomía.

ABSTRACT

The morphological diversity of the genus *Mimosa* and its complex taxonomy have led to the search of other sources of characters, such as those provided by the wood anatomy. The aim of this work was to carry out a comparative study of the wood anatomy of three *Mimosa* species: *M. arenosa*, *M. lacerata* y *M. polyantha* (Section *Batocaulon*); the first one is widely distributed along the Pacific slopes in Mexico, Nicaragua, Colombia, Venezuela and Brazil; while the other two are endemic to Mexico. One stem fragment of 80 cm was collected at 80 cm over the soil, from three plants per species. Twenty-five measurements of 15 wood anatomical characters per individual were made. The results suggest that the distinguishing characters among the studied species are: type of porosity, type and prevalence of axial parenchyma, and the presence or absence of vasicentric tracheids and prismatic crystals.

KEYWORDS: compared wood anatomy, *Batocaulon*, anatomical characteristics, central America, South America, taxonomy.

INTRODUCCIÓN

El género *Mimosa* pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoideae, ubicado en la tribu Mimoseae. Las leguminosas son una de las seis familias de angiospermas más diversas a nivel mundial y mejor representadas en México (Lewis *et al.*, 2005; Rzedowski, 1991; Sosa y

Dávila, 1994; Sousa *et al.*, 2001). La subfamilia *Mimosoideae* está conformada por 3270 especies distribuidas principalmente en las regiones tropicales del mundo.

De las *Mimosoideae* presentes en México, el género *Mimosa* es el más diverso contando con *ca.* 110 especies, de las cuales 60% son endémicas del país (Grether *et al.*,

1996), por lo que México es considerado el segundo centro de diversificación del género, después de Brasil (Barneby, 1991; Grether, 1978; Simon *et al.*, 2011). Asimismo, el género presenta una gran diversidad de formas de vida, representado tanto por herbáceas como por arbustos, árboles y lianas, con inflorescencias en capítulos o en espigas, y legumbres con las valvas enteras o divididas en artejos; además de establecerse en diversos tipos de vegetación y hábitats (Camargo-Ricalde *et al.*, 2001).

Esta diversidad morfológica ha dado como resultado que la determinación de las especies de *Mimosa* sea muy compleja (Montaño-Arias, 2010), por lo que varias de ellas han sido objeto de estudios no solamente taxonómicos y sistemáticos (Chehaibar, 1988; Grether, 2000), sino también palinológicos (Caccavari, 1985, 1986, 1987; Chehaibar, 1988; Flores-Cruz *et al.*, 2006), ecológicos (Camargo-Ricalde *et al.*, 2010a, b; Moreno-Calles y Casas, 2010; Pavón *et al.*, 2011) y, recientemente, ecoanatómicos (Montaño-Arias *et al.*, 2013). Es relevante señalar que, aunque varios autores (*i.e.* Baretta-Kuipers, 1981; Chehaibar y Grether, 1990; Marchiori, 1996; Montaño-Arias, 2010) consideran que el estudio de la anatomía de la madera puede proporcionar caracteres de importancia taxonómica para el género, este aspecto ha sido poco explorado todavía. Los estudios sobre anatomía de la madera de *Mimosa* corresponden, principalmente, a especies distribuidas en Brasil (*i.e.* Heringer y De Paula, 1979; Marchiori, 1982, 1985, 1993, 1996; Maccari y Marchiori, 1994; Marchiori y Muñiz, 1997) y algunas en Argentina (*i.e.* Cozzo y Cristiani, 1950; Cozzo, 1951).

En el caso de las especies de *Mimosa* distribuidas en México, destacan los estudios de Barajas-Morales y León-Gómez (1989) y de Babos y Cumana (1992), quienes detallaron la anatomía de la madera de *M. arenosa* (Willd.) Poir.; Chehaibar y Grether (1990), describieron la anatomía de la madera de tres especies de la Sección *Mimosa* serie *Xantiae* [=serie *Lactifluae*]: *M. lactiflua* Delile ex Benth., *M. tricephala* Slechtdl. & Cham. y *M. sicyocarpa* B. L. Rob. Camargo-Ricalde (1997, 2000) y De Oliveira *et al.* (2006) describieron los caracteres anatómicos de la

madera de *M. tenuiflora* (Willd.) Poir. y Montaño-Arias (2010) determinó los caracteres con valor taxonómico de ocho taxa: *M. acantholoba* (H. & B. ex Willd.) Poir. var. *eurycarpa* (B.L. Rob.) Barneby, *M. bahamensis* Benth., *M. benthamii* J.F. Macbr. var. *benthamii*, *M. hexandra* M. Micheli., *M. leucaenoides* Benth., *M. tejupilcana* R. Grether & A. Martínez-Bernal, *M. tenuiflora* y *M. texana* (A. Gray) Small var. *filipes* (Britton & Rose) Barneby, todas ellas pertenecientes a la Sección *Batocaulon*.

A nivel mundial, se ha descrito la madera de 40 especies de *Mimosa*, de las ca. 530 especies existentes. Sin embargo, solo algunos trabajos se enfocan al estudio de los caracteres anatómicos de la madera con posible valor taxonómico (Marchiori, 1996; Montaño-Arias, 2010). De las especies de *Mimosa* que crecen en México, solo se ha estudiado la anatomía de la madera de 13 especies (ca. 12%), aun cuando se estima que ca. 68 especies (62%) pudieran ser maderables (Barneby, 1991; Grether *et al.* 1996; Sousa *et al.* 2001, 2003).

OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue describir y analizar en forma comparativa, la anatomía de la madera de tres especies de *Mimosa*: *M. arenosa*, *M. lacerata* Rose y *M. polyantha* Benth., pertenecientes a la Sección *Batocaulon*, con la finalidad de determinar aquellos caracteres de valor taxonómico que contribuyan al conocimiento del género.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de especies y colecta de material

Se eligieron tres especies arbóreas de *Mimosa*, de amplia distribución en México que habitan en zonas secas: *M. arenosa*, *M. lacerata* y *M. polyantha*. Se colectaron tres árboles de talla similar, por especie. Para cada sitio de colecta, se registraron las coordenadas geográficas y datos de los individuos (altura y diámetro del tronco a la altura del pecho, DAP). Del tallo de cada uno de los tres individuos, por especie, se colectó una troza de 80 cm de largo, a 80 cm de distancia del suelo. Los ejemplares de referencia y las tablillas correspondientes están depositados en el

Herbario Metropolitano (UAMIZ), de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (Tabla 1).

Trabajo de Laboratorio

Con un micrótomos de deslizamiento American Optical, modelo 860, se cortaron secciones transversales, tangenciales y radiales, con grosor de 20 µm; se tiñeron con safranina-verde rápido y se montaron en resina sintética (Johansen, 1940). Además, se colocaron astillas de la sección radial en un tubo de ensayo con una mezcla, a partes iguales, de ácidos acético, láctico y nítrico y glicerina, dejándolos reposar por 1-2 semanas. Una vez dissociado el material, este se lavó con agua destilada y se hicieron preparaciones temporales para cuantificar la longitud de los elementos de vaso, de las fibras y de las traqueidas vasicéntricas. Se realizaron 25 mediciones para cada característica, por individuo, por especie.

Descripción de los caracteres anatómicos

La clasificación de los caracteres cuantitativos se hizo con base en la media (IAWA, 1989), la descripción de los radios según Kribs (1968) y los cristales conforme a Chattaway (1956). El número de vasos por milímetro cuadrado se

contabilizó tomando en cuenta a los vasos solitarios y agrupados. Los vasos agrupados se contaron de manera individual, cada uno como solitario. El grosor de la pared del elemento de vaso se midió en corte transversal; mientras que se siguió la clasificación propuesta por Montañón-Arias (2010) para medir el diámetro completo de la punteadura intervascular y el diámetro del lumen de la punteadura en corte tangencial, el cual generalmente se describe como pequeño, mediano y grande. Para la longitud del elemento del vaso y de fibras se utilizó la clasificación propuesta por IAWA (1989). Asimismo, para la longitud del cordón de parénquima y traqueidas vasicéntricas, se utilizó la clasificación propuesta para longitud de fibras de IAWA (1989). Todas las mediciones se realizaron utilizando un microscopio óptico marca Zeiss, modelo Axiostar-Plus.

Análisis estadísticos

Se evaluó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los caracteres analizados intra- e interespecíficamente (Sokal y Rohlf, 1995); los datos obtenidos se examinaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA, $P \leq 0.05$), seguido por la prueba de Tukey-Kramer

TABLA 1. Ubicación de los sitios de colecta de *Mimosa arenosa*, *M. lacerata* y *M. polyantha* (Leguminosae-Mimosoideae).

Especie	Estado	Coordenadas (Altitud m snm)	Tipo de vegetación	UAMIZ No. Registro Ejemplares / Tablilla
<i>M. arenosa</i>	Oaxaca	16°24.503' N; 94°47.620' W (350 m snm)	Bosque tropical caducifolio	64627, 64628, 64629 / 285
<i>M. lacerata</i>	Puebla	18°41'31" N; 97°24'01.3"W (2,232 m snm)	Matorral xerófilo	63910, 63911, 63919 / 217
<i>M. polyantha</i>	Puebla	18°15'23.7"N; 97°09'03.3" W (1,140 m snm)	Matorral xerófilo	71059, 71060, 71061 / 220

Se señala la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos seleccionados y se especifica el número de registro del herbario y de la xiloteca de los ejemplares de referencia y de las tablillas depositados en el Herbario Metropolitano (UAMIZ).

($P \leq 0.05$). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico NCSS (Hintze, 2001).

RESULTADOS

Porosidad

Mimosa arenosa y *M. polyantha* presentan porosidad difusa; mientras que *M. lacerata* tiene porosidad anular. En *M. arenosa*, los anillos de crecimiento están delimitados por una banda de fibras engrosadas y por una banda de parénquima; en *M. polyantha*, los anillos de crecimiento solo están delimitados por fibras engrosadas; mientras que en *M. lacerata*, los anillos de crecimiento se encuentran delimitados por una banda de fibras y vasos de mayor diámetro, que corresponden a la madera temprana (Fig. 1 a, b, c).

La madera de *Mimosa arenosa* y *M. polyantha* presenta vasos numerosos (>10 vasos/ mm^2). *M. arenosa* presenta el mayor número de vasos/ mm^2 , lo que la distingue de *M. polyantha*; sin embargo, no presenta diferencia significativa con esta última (Tabla 2 y Fig. 1 a y c). En el caso de *M. lacerata*, la madera temprana presenta pocos (<10) vasos/ mm^2 ; mientras que la madera tardía tiene vasos numerosos (Tabla 3 y Fig. 1 a, b). Las tres especies presentan vasos agrupados; no obstante, en *M. arenosa* y

M. polyantha se observan de dos a tres vasos agrupados, mientras que en la madera temprana y en la tardía de *M. lacerata*, únicamente se observan dos vasos agrupados.

Descripción de los elementos de vaso

Los elementos de vaso que poseen diámetro tangencial pequeño y pared delgada se observan en *Mimosa arenosa* y *M. polyantha*, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas (Tabla 2, Fig. 1 a, b, c). Los vasos de la madera temprana y tardía de *M. lacerata* también presentan un diámetro tangencial pequeño y son de pared delgada; cabe mencionar que los elementos de vaso de la madera temprana son *ca.* 50% más grandes que los de la madera tardía (Tabla 3).

Respecto a la longitud de los elementos de vaso, las tres especies estudiadas presentan elementos de vaso cortos; en este rango, *Mimosa arenosa* tiene los elementos de vaso de mayor longitud; aunque, los de la madera tardía de *M. lacerata* son de longitud similar a los elementos de vaso de *M. arenosa* (Tablas 2 y 3).

Las tres especies presentan elementos de vaso con placas de perforación simple (Fig. 1 g, h, i), punteaduras intervasculares areoladas, alternas y ornamentadas. No se observan diferencias significativas en cuanto al diá-

TABLA 2. Elementos de vaso de dos especies de *Mimosa*: *M. arenosa* y *M. polyantha* (Leguminosae-Mimosoideae); ambas presentan porosidad difusa.

Variables	Especies	Media \pm desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo	ANOVA	
					F	P
Vasos/ mm^2	<i>M. arenosa</i>	36.05 \pm 2.54 ^a	21	54	4.24	0.108495
	<i>M. polyantha</i>	32.15 \pm 2.08 ^a	21	47		
Ø tangencial del vaso (μm)	<i>M. arenosa</i>	69.03 \pm 5.0 ^a	35	115	0.14	0.728115
	<i>M. polyantha</i>	67.40 \pm 6.07 ^a	50	105		
Grosor de la pared (μm)	<i>M. arenosa</i>	6.60 \pm 0.17 ^a	5	10	2.91	0.163279
	<i>M. polyantha</i>	6.33 \pm 0.21 ^a	5	10		
Longitud de los elementos vaso (μm)	<i>M. arenosa</i>	162.63 \pm 13.0 ^a	100	237	21.19	0.010008*
	<i>M. polyantha</i>	125.90 \pm 5.0 ^b	50	187.5		

Para cada carácter, los valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente; mientras que los valores seguidos por letras diferentes, muestran diferencias significativas ($P < 0.05$). Ø= Diámetro. *Diferencias estadísticamente significativas.

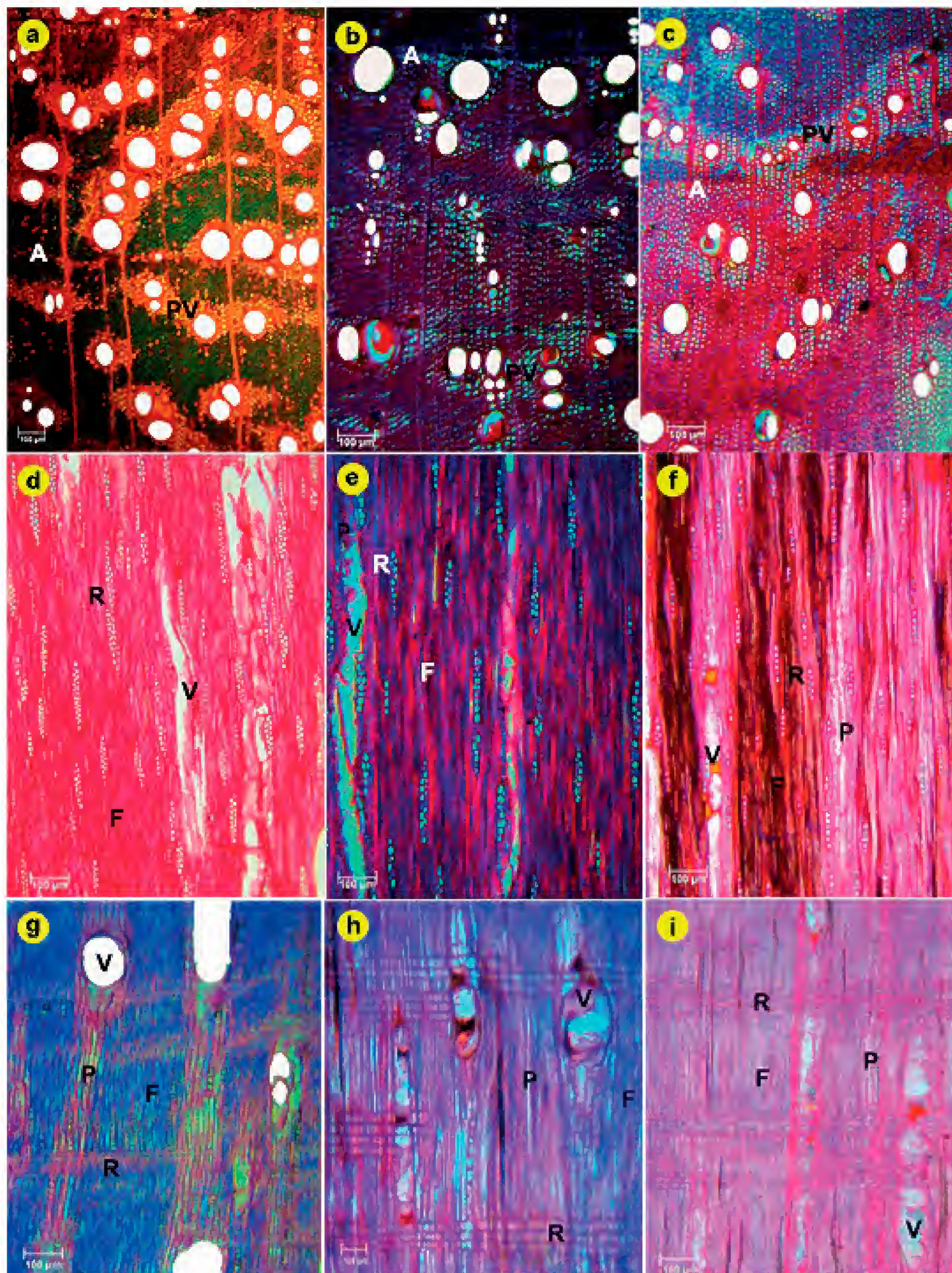


FIGURA 1. Anatomía de la madera de tres especies del género *Mimosa*. a, d, g. *M. arenosa*; b, e, h. *M. lacerata*; y c, f, i. *M. polyantha*. A: Anillo de crecimiento, F: Fibras, P: Parénquima, PV: Parénquima vasicéntrico, R: Radios, V: Vaso.

TABLA 3. Elementos de vaso de *Mimosa lacerata* (Leguminosae-Mimosoideae); presenta porosidad anular.

Variables	Media \pm desviación estándar		Valor mínimo		Valor máximo	
	Madera Temprana	Madera Tardía	Madera Temprana	Madera Tardía	Madera Temprana	Madera Tardía
Vasos/mm ²	9.98 \pm 2.0	16.70 \pm 6.0	4	6	23	29
Ø tangencial del vaso (µm)	82.63 \pm 4.55	42.33 \pm 5.68	45	12.5	125	67.5
Grosor de la pared (µm)	7.20 \pm 0.82	5.71 \pm 0.36	5	2.5	10	7.5
Longitud de los elementos vaso (µm)	120.7 \pm 5.63	171.2 \pm 34.0	50	87.5	167.5	250

Ø= Diámetro

metro de la punteadura intervascular y al diámetro del lumen de la punteadura (Tabla 4).

Parénquima axial

Las tres especies presentan parénquima paratraqueal; en forma adicional, *Mimosa lacerata* presenta parénquima apotraqueal escaso. En *M. arenosa*, el parénquima es principalmente aliforme confluyente, uniendo de dos a cuatro vasos, seguido del aliforme y, en menor proporción, vasicéntrico. *M. lacerata* tiene parénquima vasicéntrico principalmente, aunque también presenta parénquima unilateral. En *M. polyantha*, se observa parénquima, principalmente vasicéntrico, seguido del aliforme y, en menor proporción, aliforme confluyente, uniendo de dos a cinco vasos (Fig. 1 a, b, c).

En las tres especies, las células del parénquima axial forman cordones cortos; en este rango, *Mimosa lacerata* tiene los cordones más largos, aunque, no hay diferencias significativas con los de *M. arenosa* y *M. polyantha* (Tabla 4). En el caso de estas dos últimas, los cordones están constituidos por una célula; mientras que en *M. lacerata* están integrados por dos.

Por otro lado, únicamente las células del parénquima axial de *M. arenosa* presentan de 11 a 14 cristales prismáticos de oxalato de calcio, cada uno de ellos ubicado en una cámara.

Radios

Las tres especies presentan radios numerosos (cinco radios/mm), biseriados; sin embargo, en *Mimosa arenosa* y *M. lacerata* también se observan radios triseriados. Los radios son homogéneos, están compuestos por células procumbentes, son bajos y finos. Estadísticamente, *M. arenosa* y *M. lacerata* tienen los radios más altos y gruesos; mientras que en *M. polyantha* son más bajos y delgados (Tabla 4 y Fig. 1 d-i).

Fibras

En las tres especies se observan fibras libriformes, de longitud corta, diámetro fino y pared delgada. Las fibras de *Mimosa arenosa* tienen de cinco a ocho cristales prismáticos, cada uno en una cámara. No se observan diferencias significativas entre especies, ni a nivel intra-específico (Tabla 4 y Fig. 1 d-i).

Solamente *Mimosa polyantha* presenta traqueidas vasicéntricas de longitud corta (669 µm), diámetro fino (7.4 µm) y pared delgada (5 µm).

DISCUSIÓN

Relevancia taxonómica. La madera de las tres especies de *Mimosa* estudiadas, presenta características anatómicas (*i.e.* porosidad, placas de perforación simple, punteaduras

TABLA 4. Resultados de la estadística descriptiva y de los análisis de varianza (ANOVA), correspondientes a radios y fibras de las tres especies de *Mimosa* (*Leguminosae-Mimosoideae*) estudiadas.

Variables	Especies	Media ± desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo	ANOVA	
					F	P
Ø de la punteadura intervascular (µm)	<i>M. arenosa</i>	5.9 ± 0.4	5	7.5	0.18	0.842421
	<i>M. lacerata</i>	5.9 ± 0.36	5	7.5		
	<i>M. polyantha</i>	6.1 ± 0.62	5	7.5		
Ø del lumen de la punteadura intervascular (µm)	<i>M. arenosa</i>	3.4 ± 0.4	2.5	5	0.21	0.819555
	<i>M. lacerata</i>	3.43 ± 0.40	2.5	5		
	<i>M. polyantha</i>	3.63 ± 0.61	2.5	5		
Longitud del cordón del parénquima (µm)	<i>M. arenosa</i>	170.87 ± 5.78	100	225	3.32	0.106750
	<i>M. lacerata</i>	207.07 ± 37.73	60	385		
	<i>M. polyantha</i>	149.93 ± 9.92	100	225		
Radios/mm	<i>M. arenosa</i>	5.81 ± 0.13	3	8	3.06	0.121588
	<i>M. lacerata</i>	5.60 ± 0.36	1	3		
	<i>M. polyantha</i>	4.91 ± 0.72	1	7		
Altura de radios (µm)	<i>M. arenosa</i>	133.67 ± 4.11 ^a	55	250	8.25	0.018987*
	<i>M. lacerata</i>	145.80 ± 31.91 ^a	75	290		
	<i>M. polyantha</i>	84.53 ± 10.66 ^b	35	130		
Anchura de radios (µm)	<i>M. arenosa</i>	20.87 ± 1.47	15	30	5.68	0.041220*
	<i>M. lacerata</i>	24.33 ± 3.52	15	35		
	<i>M. polyantha</i>	17.40 ± 2.11	10	25		
Longitud de fibras (µm)	<i>M. arenosa</i>	542.13 ± 17.46	430	890	0.08	0.920421
	<i>M. lacerata</i>	536.13 ± 78.62	360	850		
	<i>M. polyantha</i>	565.20 ± 113.49	290	860		
Ø del lumen de la fibra (µm)	<i>M. arenosa</i>	6.73 ± 0.85	5	10	1.94	0.224286
	<i>M. lacerata</i>	7.0 ± 0.62	5	10		
	<i>M. polyantha</i>	7.77 ± 0.47	5	10		
Grosor de la pared de la fibra (µm)	<i>M. arenosa</i>	5.13 ± 0.15	5	7.5	1.33	0.333486
	<i>M. lacerata</i>	5.30 ± 0.36	2.5	7.5		
	<i>M. polyantha</i>	5.0 ± 0	5	5.0		

Para cada carácter, los valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente; mientras que los valores seguidos por letras diferentes, muestran diferencias significativas ($P < 0.05$). Ø= Diámetro. *Diferencias estadísticamente significativas.

areoladas, alternas y ornamentadas y radios homogéneos, entre otras) similares a las ya descritas para otras especies del género distribuidas tanto en Argentina (Cozzo y Cristiani, 1950; Cozzo, 1951) como en Brasil (Record y Hess,

1943; Tortorelli, 1956; Metcalfe y Chalk, 1979; Heringer y De Paula, 1979; Marchiori, 1982, 1985; Maccari y Marchiori, 1994; Marchiori, 1996; Marchiori y Muñiz, 1997; Fabrowski *et al.*, 2005; De Oliveira *et al.*, 2006;

Evans *et al.*, 2006) y en México (Barajas-Morales y León-Gómez, 1989; Camargo-Ricalde, 2000; Chehaibar y Grether, 1990; Montaño-Arias, 2010).

La porosidad anular de la madera de *Mimosa lacerata* permite distinguirla claramente de la madera de *M. arenosa* y *M. polyantha*, las cuales presentan porosidad difusa. Cabe mencionar que la porosidad anular también ha sido observada en otras especies que se distribuyen en climas cálidos subhúmedos como *M. acantholoba* var. *eurycarpa*, y en climas secos como *M. bentharii* var. *bentharii* y *M. texana* var. *filipes* (Montaño-Arias, 2010). En el caso de la porosidad difusa, esta se considera un carácter predominante en las *Mimosoideae* (Evans *et al.*, 2006) y ha sido observada en varias especies de *Mimosa* como *M. detinens* Benth., *M. hassleriana* Chodat, *M. uliginosa* Chodat & Hassl., *M. uruguensis* H. et A. (Cozzo, 1951); *M. eriocarpa* Benth. (Carnieletto y Marchiori, 1993); *M. incana* (Spreng.) Benth. (Marchiori, 1996) y *M. sparsa* Benth. (Maccari y Marchiori, 1994).

Otro carácter utilizado para diferenciar entre especies son las punteaduras alternas y areoladas, las cuales también han sido observadas en otras 19 especies de *Mimosa*, entre ellas *M. bahamensis*, *M. tejupilcana*, *M. tenuiflora*, *M. texana* var. *filipes* (Montaño-Arias, 2010); por lo que se coincide con Baretta-Kuipers (1981) y Marchiori (1996) en el sentido de que las punteaduras intervasculares tienen relevancia taxonómica a nivel genérico y carecen de ella a nivel infragenérico. Además, estas punteaduras son ornamentadas en las tres especies estudiadas; igualmente, este carácter ha sido observado en otras 16 especies de *Mimosa* como *M. cruenta* Benth. (Marchiori, 1985), *M. eriocarpa* (Carnieletto y Marchiori, 1993), *M. incana* (Marchiori, 1996), *M. sparsa* (Maccari y Marchiori, 1994), entre otras; cabe mencionar que en el estudio sobre la madera de *M. detinens*, *M. hassleriana*, *M. uruguensis*, *M. pigra* L., *M. scabrella* Benth. (Cozzo, 1951), entre otras, no se menciona si las punteaduras son ornamentadas, por lo que todavía tendrá que evaluarse en un mayor número de especies para conocer su relevancia en la taxonomía del género *Mimosa*.

Por otro lado, Baretta-Kuipers (1981) determinó que el parénquima axial es un carácter muy variable, aún en la misma especie; aunque, Cozzo (1951) había señalado que la abundancia del parénquima axial es útil para diferenciar entre especies. En este estudio, *Mimosa arenosa* presentó parénquima aliforme confluyente abundante, lo que la distingue de *M. lacerata* y de *M. polyantha*; sin embargo, este carácter ha sido observado en otras especies como *M. leucaenoides*, *M. tejupilcana* y *M. tenuiflora* (Montaño-Arias, 2010). Asimismo, en este estudio, *M. lacerata* es la única especie que presenta parénquima unilateral, pero este carácter ya fue observado en *M. bahamensis* (Montaño-Arias, 2010).

Los radios, al igual que el parénquima axial, son caracteres relacionados con aspectos evolutivos de las plantas (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Kribs, 1935). En este caso, los radios homogéneos han sido observados en 95% de las especies de *Mimosa* estudiadas, de manera que es factible considerarlos como característicos del género, coincidiendo con el resto de la subfamilia *Mimosoideae* (Baretta-Kuipers, 1981; Evans *et al.*, 2006).

Asimismo, Zindler-Frank (1987) y Espinoza de Perón *et al.* (1998) señalan que la presencia de cristales prismáticos es común en la familia *Leguminosae*, así como en la subfamilia *Mimosoideae* (Evans *et al.*, 2006; Montaño-Arias, 2010- *i.e.* *Acacia* spp. *Mimosa* spp., y *Prosopis* spp., entre otros) y en las subfamilias *Caesalpinoideae* y *Papilionoideae* (Evans *et al.*, 2006); este carácter fue observado en el parénquima axial de las tres especies estudiadas y también se ha encontrado en el parénquima axial y fibras de *M. bentharii* var. *bentharii*, *M. hexandra*, *M. leucaenoides*, *M. tenuiflora* y *M. texana* var. *filipes* (Montaño-Arias, 2010). Cabe mencionar que de acuerdo con Evans *et al.* (2006), la existencia de cristales en los radios es un evento raro, que solo ha sido observado en *Prosopis farcta* (Banks & Sol.) J.F. Macbr. y *Acacia horrida* Willd. En *Mimosa*, la presencia de cristales en los radios ha sido observada en *M. bentharii* var. *bentharii*, *M. hexandra* y *M. leucaenoides*, pero únicamente en *M. bentharii* var. *bentharii* se han encontrado cristales arenosos en las



células radiales (Montaño-Arias, 2010) por lo que su presencia, hasta ahora, es distintiva de este último taxon.

Otra característica de la madera, común en la subfamilia *Mimosoideae*, es la presencia de fibras septadas (Baretta-Kuipers, 1981; Evans *et al.*, 2006) que permiten diferenciarla de las otras dos subfamilias de leguminosas. No obstante, en este caso es importante señalar que las especies estudiadas, no presentaron fibras septadas, de manera que este carácter debe evaluarse conforme se incrementen los estudios de la madera de otras *Mimosoideae*.

Relevancia ecoanatómica. *Mimosa arenosa* y *M. polyantha* crecen en sitios con climas secos; la primera es característica de bosques tropicales caducifolios y la última crece, principalmente, en matorrales xerófilos y, en ocasiones, en el bosque tropical caducifolio; sin embargo, ambas especies presentan madera con porosidad difusa, lo que coincide con los resultados de Gilbert (1940, en Moglia y Giménez, 1998), al considerarla una característica distintiva de especies que habitan lugares con escasez de agua.

Aunque la porosidad difusa ha sido observada en otras especies arbóreas y arbustivas de *Mimosa* que habitan en sitios de clima cálido como: *M. adpressa* H. et A., *M. bimucronata* (DC) OK., *M. cruenta*, *M. detinens*, *M. hassleriana*, *M. ostenii* Speg. ex Burk., *M. pigra*, *M. polycarpa* Kunth, *M. polycarpa* var. *spgazzini* (Pirotta) Burk., *M. scabrella*, *M. uliginosa* y *M. uruguensis* (Cozzo, 1951; Marchiori, 1985), *M. schomburgkii* Benth. (Record y Hess, 1943; Heringer y De Paula, 1979), *M. artemisiana* Heringer y De Paula (Heringer y De Paula, 1979), no es posible hacer la asociación con la cantidad de humedad presente en sus hábitats, debido a la carencia de información sobre los sitios de colecta.

Otra característica de importancia ecológica son las punteaduras ornamentadas presentes en las tres especies estudiadas; al respecto, Carlquist (1982) y Choat *et al.* (2004) consideran que la presencia de punteaduras intervasculares ornamentadas proporciona una ventaja ecológica para las especies, al impedir la entrada de burbujas de aire al elemento de vaso, provocadas por la pérdida de la presión del agua.

Por otra parte, *Mimosa polyantha* es la única de las especies aquí estudiadas, con traqueidas vasicéntricas; sin embargo, este carácter también ha sido observado en *M. benthamii* var. *benthamii*, *M. hexandra* y *M. texana* var. *filipes* (Montaño-Arias, 2010), y en *M. scabrella* y *M. adpressa* (Cozzo y Cristiani, 1950). La relevancia de las traqueidas vasicéntricas radica en que le confiere al xilema secundario una mayor seguridad en la conducción de agua (Montaño-Arias *et al.*, 2013), ya que las traqueidas vasicéntricas funcionan como un sistema de conducción subsidiario o alternativo que cumple la misma función que los vasos agrupados (Moglia y Giménez, 1998), volviendo a los taxa más competitivos.

CONCLUSIONES

Los caracteres descritos y analizados de la anatomía de la madera de las tres especies de *Mimosa* estudiadas: *M. arenosa*, *M. lacerata* y *M. polyantha*, comparados con las ca. 40 descripciones correspondientes a otras especies del género, revelan que la anatomía de la madera es bastante uniforme, de manera que la madera del género *Mimosa* se define por presentar porosidad anular o difusa, vasos con diámetro pequeño o mediano, vasos agrupados y múltiples radiales, que son variables en número. Presenta punteaduras alternas y areoladas, la mayoría de los taxa tienen punteaduras ornamentadas y rara vez, son coalescentes (*i.e.* *M. bimucronata*). Las punteaduras radio-vasculares son iguales a las punteaduras intervasculares. El parénquima axial es principalmente paratraqueal y, en menor proporción, apotraqueal. El parénquima paratraqueal es vasicéntrico, aliforme, aliforme confluyente y/o unilateral; en ocasiones, se presenta en forma de bandas concéntricas irregulares (*i.e.* *M. hexandra*). Los cordones de parénquima van de 1 a 8 células. La anchura de los radios es variable, pueden ser uniseriados, biseriados y/o triseriados. Los radios son principalmente homogéneos, rara vez heterogéneos. Las fibras son libriformes, sin septos, con paredes delgadas o gruesas. A veces, se pueden presentar traqueidas vasicéntricas. Los cristales de oxalato de calcio son muy comu-

nes en el parénquima axial y en fibras, y es poco común observarlos en los radios (*i.e.* *M. hexandra*, *M. leucaenoides*); ocasionalmente, en los radios se presenta arena cristalina (*i.e.* *M. benthamii* var. *benthamii*). Las gomas son comunes en los elementos de vaso.

Por otra parte, las características que definen a la madera del género *Mimosa* son propias de especies resistentes a la sequía; de manera que, se puede sugerir que los taxa presentes en lugares templados (*i.e.* *M. tejupilcana*) podrían sobrevivir en ambientes secos, ya que mantienen una estructura adaptada para asegurar la conducción de agua y el uso eficaz de ella.

RECONOCIMIENTOS

La primera autora agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo otorgado (228993/211528).

REFERENCIAS

- Aguilar-Rodríguez, S. y J. Barajas-Morales. 2005. Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico-evolutivo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 77:51-58.
- Babos, K. y L.J.C. Cumana. 1992. Xylotomical study of some Venezuelan tree species (*Mimosaceae* I-IV). *Acta Botanica* 37(1-4):183-238.
- Barajas-Morales, J. y C. León-Gómez. 1989. Anatomía de maderas de México: especies de una selva baja caducifolia. Publicaciones Especiales del Instituto de Biología, UNAM 1:79-80.
- Baretta-Kuipers, T. 1981. Wood anatomy of Leguminosae: its relevance to taxonomy. In: Polhill R.M. y P.H. Raven, eds. *Advances in Legume Systematics*. 2:677-705. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Barneby, R.C. 1991. *Sensitivae Censitae*. A description of the genus *Mimosa* L. (*Mimosaceae*) in the New World. *Memoirs of New York the Botanical Garden* 65:1-835.
- Caccavari, M.A. 1985. Granos de polen de las Leguminosas de la Argentina IV. Género *Mimosa*. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 24(1-2):151-167.
- Caccavari, M.A. 1986. Estudio de los caracteres del polen de las *Mimosa-Lepidota*. *Pollen et Spores* 28(1):29-42.
- Caccavari, M.A. 1987. Estudio de los caracteres del polen de *Mimosa-Glanduliferae*, VII, Simposio Argentino de paleobotánica y Palinología, Actas:141-144.
- Camargo-Ricalde, S.L. 1997. Aspectos de la biología del “tepecohuite”, *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae), en México. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 111 p.
- Camargo-Ricalde, S.L. 2000. Descripción, distribución, anatomía, composición química y usos de *Mimosa tenuiflora* (*Fabaceae-Mimosoideae*) en México. *Revista de Biología Tropical* 48:939-954.
- Camargo-Ricalde, S.L., R. Grether, A. Martínez-Bernal, V. García-García y S. Barrios-del-Rosal. 2001. Especies útiles del género *Mimosa* (*Fabaceae-Mimosoideae*) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 68:33-44.
- Camargo-Ricalde S.L., I. Reyes-Jaramillo y N.M. Montaño. 2010a. Forestry insularity effect of four *Mimosa* L. species (*Leguminosae-Mimosoideae*) on soil nutrients of a Mexican semiarid ecosystem. *Agroforestry Systems* 80:385-397.
- Camargo-Ricalde, S.L., N.M. Montaño, I. Reyes-Jaramillo, C. Jiménez-González y S.S. Dhillion. 2010b. Effect of mycorrhizae on seedlings of six endemic *Mimosa* L. species (*Leguminosae-Mimosoideae*) from the semi-arid Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Trees-Structure and Function* 24:67-78.
- Carlquist, S. 1982. Wood anatomy of *Onagraceae*: further species, root anatomy, significance of vestured pits and allied structures in dicotyledons. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69:755-769.
- Carnieletto, C. y J.N.C. Marchiori. 1993. Anatomia da madeira de *Mimosa eriocarpa* Benth. *Ciência Florestal, Santa Maria* 3(1):107-120.
- Chattaway, M. 1956. Crystals in wood tissues II. *Tropical Woods* 104:100-124.
- Chehaibar, M.T. 1988. Estudio taxonómico de la serie *Xantiae* y especies afines del género *Mimosa* (*Leguminosae*), Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 107 p.



- Chehaibar, M.T. y R. Grether. 1990. Anatomía de la madera de algunas especies del género *Mimosa* (Leguminosae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50:3-17.
- Choat, B., S. Jansen, M.A. Zwieniecki, E. Smets y N.M. Holbrook. 2004. Changes in pit membrane porosity due to deflection and stretching: the role of vested pits. *Journal of Experimental Botany* 55:1569-1975.
- Cozzo, D. y L.Q. Cristiani. 1950. Los géneros de fanerógamas argentinas con estructura leñosa estratificada. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Bernardino Rivadavia, Ciencias Botánicas* 1(8):363-405.
- Cozzo, D. 1951. Anatomía del leno secundario de las Leguminosas Mimosoideas y Caesalpinoideas Argentinas, silvestres y cultivadas. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Bernardino Rivadavia, Ciencias Botánicas* 2:63-146.
- De Oliveira, E., V.B. Rocha, P.A. Santos, L.R.M. Della, A.M.M. Ladeira y C.A. de Cássia Oliveira. 2006. Estrutura anômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. *Revista Árvore* 30(2):311-318.
- Espinoza-de Pernía, N., O.Z. Araque y H.W.J. León. 1998. Cristales de la madera de *Schizolobium amazonicum* y *S. parahybum* (Caesalpinoideae-Leguminosae). *Revista Forestal Venezolana* 42(1):9-13.
- Evans, J.A., P.E. Gasson y G.P. Lewis. 2006. Wood anatomy of the *Mimosoideae* (Leguminosae). International Association of Wood Anatomists Journal. Supplement 5. 117 p.
- Fabrowski, F.J., G.I.B. Muñiz, M.C.M. Mazza, T. Nakashima, U. Klock, J.C. Possamai, y S. Nisgoski. 2005. Anatomía comparativa da madeira das variedades populares da Bracatinga (*Mimosa scabrella* Betham). *Ciência Florestal* 15(1):65-73.
- Flores-Cruz, M.F., H.D.S. Lira, A. Martínez-Bernal y M.E. Fraile. 2006. Morfología del polen de *Mimosa* serie *quadrivalves* (Leguminosae, Mimosoideae). *Acta Botánica Mexicana* 77:1-13.
- Grether, R. 1978. A general review of the genus *Mimosa* in México. *Bull. Int. Group Study of Mimosoideae* 6:45-50.
- Grether, R., S.L. Camargo-Ricalde y A. Martínez-Bernal. 1996. Especies del género *Mimosa* (Leguminosae) presentes en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58:149-152.
- Grether, R. 2000. Nomenclatural changes in the genus *Mimosa* (Fabaceae, Mimosoideae) in Southern Mexico and Central America. *Novon* 10:29-37.
- Heringer, E.P. y J.E. De Paula. 1979. Um novo par vicariante: *Mimosa schomburgkii* Benth. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula sp. nov. (Floresta Atlântica). In: Anais Congresso Nacional de Botanica do Brasil 30, Campo Grande, Ms. Sociedad Botánica de Brasil, Anais Sociedad Botánica de Brasil: 75-82.
- Hintze, J. 2001. Number Cruncher Statistical System (NCSS).
- IAWA (International Association of Wood Anatomy). 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin* n.s. 10(3):219-332.
- Johansen, D.A. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw-Hill. Nueva York. 523 p.
- Kribs, D. 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays of dicotyledons. *Botanical Gazette* 96:547-557.
- Kribs, D.E. 1968. *Commercial foreign woods on the American market*. Dover Publications. Inc. New York. 241 p.
- Lewis, G.P., B. Schrire y M. Lock, eds. 2005. *Legumes of the World*. Royal Botanic Gardens, Kew. 592 p.
- Maccari, A. y J.N.C. Marchiori. 1994. Estudo anatômico do xilema secundário de *Mimosa sparsa* Benth. *Ciência Florestal* 4(1):145-155.
- Marchiori, J.N.C. 1982. A estrutura do xilema secundário de *Mimosa daleoides* Benth. (Leguminosae-Mimosoideae). *Ciência e Natura* 4:107-113.
- Marchiori, J.N.C. 1985. Anatomía da madeira de *Mimosa cruenta* Benth. (Leguminosae-Mimosoideae). *Ciência e Natura* 7:73-81.
- Marchiori, J.N.C. 1993. Anatomía da madeira e casca do maricá, *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze. *Ciência Florestal* 3(1):85-106.
- Marchiori, J.N.C. 1996. Anatomía do xilema secundário de *Mimosa incana* (Spreng.) Benth. *Ciência Florestal* 6(1):53-63.
- Marchiori, J.N.C. y B.G. Muñiz. 1997. Estudo anatômico do xilema secundário de *Mimosa trachycarpa* Benth. *Ciência Rural* 27(2):223-228.
- Metcalf, C. y I. Chalk. 1979. Anatomy of the dicotyledons. I: Systematic anatomy of the leaf and stem, with a brief history of the subject. Clarendon Press. Oxford. 276 p.

- Moglia, G. y A. Giménez. 1998. Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la región chaqueña argentina. *Investigación Agraria* 7:53-71.
- Montaño-Arias, S.A. 2010. Anatomía comparada de la madera de especies arbóreas mexicanas del género *Mimosa* Sección *Batocaulon* (Leguminosae). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México, D.F. 141 p.
- Montaño-Arias, S.A., S.L. Camargo-Ricalde y C. De La Paz-Pérez. 2013. Ecoanatomía de los elementos de vaso de la madera de cinco especies del género *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae). *Botanical Sciences* 91(1):1-10.
- Moreno-Calles, A. y A. Casas. 2010. Agroforestry systems: restoration of semiarid zones in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Ecological Restoration* 28:361-368.
- Pavón, N.P., J. Ballato-Santos y C. Pérez-Pérez. 2011. Germinación y establecimiento de *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* (Fabaceae-Mimosoideae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:653-661.
- Record, B.L. y R.W. Hess. 1943. Timbers of the world. Yale University Press. New Haven. EUA. 293-294 p.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14:3-21.
- Simon, M. F., R. Grether, L. P. de Queiroz, T. E. Sarkinen, V. F. Dutra y C. E. Hughes 2011. The evolutionary history of *Mimosa* (Leguminosae): towards a phylogeny of the sensitive plants. *American Journal of Botany* 78:1201-1221.
- Sokal, R. y F. Rohlf. 1995. Biometry. Freeman and Company. San Francisco, C.A. 832 p.
- Sosa, V. y P. Dávila. 1994. Una evaluación del conocimiento florístico de México. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81:749-757.
- Sousa, S., M., M. Ricker, y H.M. Hernández. 2001. An index for the tree species of the family Leguminosae in Mexico. *Harvard Papers in Botany* 6(1):339-365.
- Sousa, S.M., Ricker, M. y Hernández, H.M. 2003. An index for the tree species of the family Leguminosae in Mexico. *Harvard Papers in Botany* 7(2):381-398.
- Tortorelli, L. 1956. Maderas y bosques argentinos. ACME. Buenos Aires. 910 p.
- Zindler-Frank, E. 1987. Calcium oxalate crystals in legumes. In: E. Stirton, ed. *Advances in Legume Systematics* 3. Royal Botanic Gardens, Kew. p:279-316.

Manuscrito recibido el 2 de julio de 2015.
Aceptado el 11 de febrero de 2016.

Este documento se debe citar como:
Montaño-Arias, S.A., S.L. Camargo-Ricalde y R. Grether. 2016. Anatomía de la madera de tres especies de *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae) distribuidas en México. *Madera y Bosques* 22(1):191-202.



Fe de erratas *Madera y Bosques* 21(3), Otoño 2015

En: De la Paz P.O., C., R. Dávalos-Sotelo, R. Limón G. y P.A. Quintanar I. 2015. Características tecnológicas de la madera de dos especies de *Quercus* de Durango, México. *Madera y Bosques* 21(3):19-46.

Pág 19. Adscripción número 3, Roberto Limón Godina:
Dice: “Facultad de Contaduría y Administración. Universidad Juárez...”
Debe decir: “Facultad de Economía, Contaduría y Administración. Universidad Juárez...”

Pág. 34. Lámina 3: Se omitieron las leyendas en la imagen, la imagen con leyendas es:

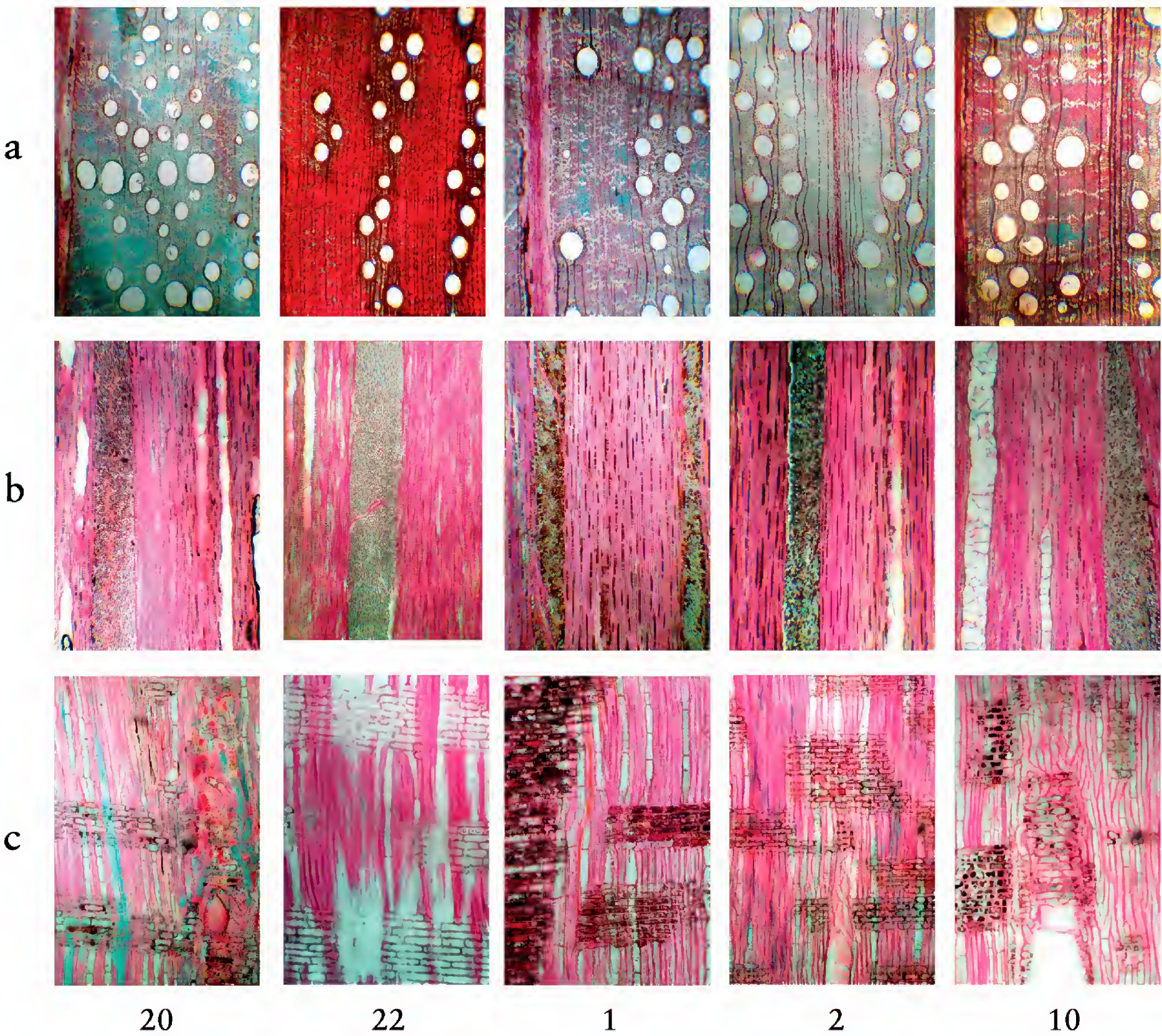


LÁMINA 3. *Quercus sideroxyla*. a. Cortes transversales (10x). b. Cortes tangenciales (10x). c. Cortes radiales (20x). 20-22. Santiago Papasquiario. 1-2. San Dimas. 10. Durango.

Pág. 38. Lámina 4: Se omitieron las leyendas en la imagen, la imagen con leyendas es:



LÁMINA 4. *Quercus rugosa*. a. Tablillas transversales. b. Tablillas tangenciales. c. Tablillas radiales. d. Cortes transversales (10x). e. Cortes tangenciales (10x). f. Cortes radiales (20x). 11-12. Durango.

Pág. 44. Reconocimientos

Dice: “Los autores agradecen a los Sres. Hugo y Antonio Mancinas y a los ejidatarios, dueños de los predios donde se hizo la recolección del material de estudio, por las facilidades brindadas. A la M. en C. Lourdes Aguilar por la identificación de las muestras de herbario y la determinación de las especies. Al M. en C. Abel García Arévalo por encabezar las actividades de recolección de los árboles para el estudio. A la Fís. Rosario Landgrave de la Red de Ecología Funcional del Instituto de Ecología, A.C., por los mapas de los sitios de recolección y de distribución de los encinos en Durango y en México. Este trabajo...”

Debe decir: “Los autores agradecen a los Sres. Hugo y Antonio Mancinas y a los ejidatarios, dueños de los predios donde se hizo la recolección del material de estudio, por las facilidades brindadas. A la M. en C. Lourdes Aguilar por la identificación de las muestras de herbario y la determinación de las especies. Al M. en C. Abel García Arévalo por encabezar las actividades de recolección de los árboles para el estudio. A la Fís. Rosario Landgrave de la Red de Ecología Funcional del Instituto de Ecología, A.C., por los mapas de los sitios de recolección y de distribución de los encinos en Durango y en México. A Eumelia Hernández Vázquez, del Laboratorio de diagnóstico de obra de arte, del Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM por la realización de las fotografías de las tablillas. Este trabajo...”

Fin de la fe de erratas

G

Guía de autores

Madera y Bosques es la publicación de la Red Ambiente y Sustentabilidad del Instituto de Ecología, A.C., que publica trabajos inéditos de carácter científico o de forum, ensayos, estados del arte y notas técnicas que traten temas relacionados con los productos forestales y con manejo y conservación de los bosques. Se aceptan manuscritos en español, inglés y ocasionalmente en otros idiomas.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

Los manuscritos que se sometan, deben presentarse en archivo electrónico en tamaño carta (216 mm x 269 mm), con un tamaño de letra Times New Roman de 12 pt, con 30 mm de margen izquierdo y 25 mm en el resto. Se numerarán en la parte superior derecha.

Los artículos científicos deben contener, y en este orden: Título, Resumen, Palabras clave, "Abstract", "Key words", Introducción, Objetivos, Materiales y métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias.

- a) La página titular debe incluir el título del manuscrito, nombres de los autores, afiliación y correo electrónico. El título no debe exceder de 70 caracteres.
- b) El resumen (200 palabras), da una breve descripción de los objetivos, puntos esenciales y logros o conclusiones. La versión en inglés se denominará "abstract". Después de cada resumen y "abstract" deben incluirse hasta seis palabras clave o "key words" relacionadas con el método o resultados del estudio, pero que no estén contenidas en el título.
- c) En la introducción se describe el estado actual del conocimiento sobre el tema, con el debido respaldo de la bibliografía revisada y se discute la importancia que tiene lograr y divulgar avances al respecto. En este punto no se incluyen tablas ni ilustraciones.
- d) En objetivos se presentan de manera concisa y clara los propósitos del estudio.
- e) En materiales y métodos se explica cuidadosamente cómo se desarrolló el trabajo. En forma precisa y completa se da una visión clara de los métodos aplicados y los materiales empleados. Cuando el método no sea original, se deben citar con claridad las fuentes de información. Se pueden incluir tablas e ilustraciones, que de ninguna manera se repitan en otra parte del texto.
- f) La sección de resultados está reservada para todas las informaciones técnicas obtenidas, estadísticamente respaldadas. Los comentarios que se incluyan en este punto son sólo los indispensables para la fácil comprensión de la información presentada.
- g) En discusión se analizan los resultados obtenidos, sus limitaciones y su trascendencia, se relacionan con la información bibliográfica previamente reunida y se pueden plantear necesidades de trabajos futuros que aumenten el conocimiento sobre el tema.
- h) Las conclusiones rescatan lo más valioso o consistente de los resultados y aquellos aspectos más débiles que requieran de mayor trabajo o investigación.
- i) Reconocimientos es un punto optativo, destinado a los créditos a instituciones colaboradoras, fuentes de financiamiento, etc.
- j) En las referencias sólo se incluyen aquellas citadas en el documento. Deben listarse alfabéticamente por autor. En el texto, se citan por autor y año de publicación (cuando se trata de tres autores o más, en la cita se escribe sólo el apellido del primer autor, seguido de "et al." y en la referencia se listan todos los autores). No se cita anónimo cuando no se consigna un autor individual, sino a la institución responsable. Las referencias se hacen de acuerdo con los siguientes ejemplos:

Artículos: Autor. Año. Título. Nombre de la revista. Volumen, número entre paréntesis y páginas. Ejemplo:

Dao, T.N. y J.W. van de Lindt. 2008. New nonlinear roof sheathing fastener model for use in finite-element wind load applications. *Journal of Structural Engineering* 134(19):1668-1674.

Libro: Autor(es). Año. Título. Número de edición. Editorial. Ciudad. Páginas. Ejemplo:

Montgomery, D.C., E.A. Peck y G.G. Vinning. 2005. *Introducción al análisis de regresión lineal*. 3ª ed. CECSA. México. 588 p.

Capítulo de libro: Autor (es). Año. Título. In: Nombre del editor. Título del libro. Editorial. Ciudad. Páginas. Ejemplo:

Geissert, D. y A. Ibáñez. 2008. Calidad y ambiente físico-químico de los suelos. In: R.H. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehltreter, eds. *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, manejo y conservación*. Inecol, INE-Semarnat. México, D.F. p:213-221.

Cuando la institución es la responsable de la publicación: Nombre de la institución. Año. Título. Editorial. Ciudad. Páginas. Ejemplo:

US Forest Products Laboratory. 1953. Hardwood log grades for standard lumber. Rept. D1737. USDA Forest Service. Forest Products Laboratory. Madison, Wi. 66 p.

- k) Las tablas deben utilizarse para presentar resultados. El título se coloca en la parte superior, con minúsculas.
- l) Las ilustraciones (diagramas, gráficas, mapas, etc.) deben utilizarse cuando contribuyen a presentar la información de manera más clara, deben ser realizadas; en color negro o escala de grises. Ocasionalmente se aceptan ilustraciones en color, cuando esto contribuye a la mejor interpretación de la información presentada. Las ilustraciones no se deben incluir en el cuerpo del texto, deben enviarse en archivos por separado, en sus formatos originales. Las fotografías pueden ser en blanco y negro o a colores con excelente resolución y contraste. Los pies de figura se escriben en la parte inferior y con minúsculas; en el texto se citan como "figura X" o bien entre paréntesis como (Fig. X). Deben presentarse en formato tiff, jpg, etc., con al menos 300 ppp de resolución.
- m) Se utilizan las unidades de medida del SI, con una coma como separador de decimales. Para mayores detalles, se sugiere consultar la página electrónica del Centro Nacional de Metrología (CENAM) <http://www.cenam.mx/siu.asp#>
- n) Notaciones. Todos los símbolos matemáticos se escriben en cursivas. En escritos con abundancia de símbolos, es útil incluir una lista de los utilizados, mismos que se ordenarán alfabéticamente, colocando primero las mayúsculas, después las mayúsculas con subíndice, enseguida las minúsculas y por último las minúsculas con subíndice. Finalmente, los caracteres latinos y griegos. Esta notación debe incluirse en un apéndice al final del trabajo.

Los manuscritos que no cumplan con el formato no serán enviados a los evaluadores. Asimismo, los autores deben firmar el formato de confirmación de originalidad.

Toda correspondencia para envío de artículos para su posible publicación debe dirigirse a Revista Madera y Bosques • Instituto de Ecología, A.C. • Carretera Antigua a Coatepec 351 • El Haya • 91070 Xalapa, Ver. • México • Tel. (228) 842 1800 ext. 6102 y 6106 • c.e.: mabosque@inecol.mx.

PRESENTACIÓN FINAL

La revista requiere que los manuscritos aceptados sean entregados en formato electrónico, conservando el formato original de los manuscritos revisados: tamaño de papel, de letra, numeración. Tablas y gráficos no deben estar integrados al texto. Se debe enviar una carta de presentación acompañando el manuscrito. No se requieren manuscritos impresos.

A Author's guide

Madera y Bosques (Wood and Forests) is the publication of the Environment and Sustainability Network of the Instituto de Ecología, A.C. (Xalapa, México), which publishes essays, original papers of technical or scientific nature, feature articles (forum), states-of-the-art and technical notes of the subjects related to forest products and forest management and conservation. Manuscripts are accepted written in Spanish, English and occasionally in other languages.

STRUCTURE OF THE MANUSCRIPTS

The manuscripts submitted must be presented in digital form in letter-size paper (216 x 280 mm: 8-1/2" x 11"), typed double-spaced, with arial font size of 12 pt., with a left margin of 30 mm and the rest of 25 mm numbered at the upper right corner. An electronic version is also accepted. The maximum extension of the papers will be 30 pages written on a single side for the full-length papers (research and forum) and 15 pages for technical notes.

The manuscripts must contain the following sections in this order: Title, Abstract, Key words, Introduction, Methodology, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgements (optional) and References.

- a) The title page must include the title of the article, name(s) and affiliation of the author(s). The title must not exceed of 70 characters.
- b) The abstract (250 words maximum for papers and 75 for technical notes) must give a brief description of the objectives, main points and achievements or conclusions. After the abstract up to 6 key words related with the methodology or results must be included.
- c) In the introduction a brief description of the state of knowledge of the subject matter of the paper must be given, with the appropriate review of literature and the importance of the study reported must be highlighted. In this item, no tables or figures are to be included.
- d) In objectives, the purposes of the study will be clearly and concisely stated.
- e) In methodology, it will be carefully explained how the work was carried out. In a precise and complete form, a clear vision of the methods applied and the materials used shall be given. When the methodology is not original, the sources of information shall be clearly stated. Tables and illustrations can be given that are not repeated in any other part of the text.
- f) The section on results will be reserved for all the technical information obtained, statistically supported. Comments included here will be only those necessary to clarify the information presented. The comments included in this section will be only the necessary for the easy understanding of the information presented.
- g) In discussion, the results obtained will be analyzed, as well as their limitations and relevance; they will be related with the bibliographic information previously gathered and the eventual necessity of further work which could augment the state of knowledge on the subject, could be disclosed.
- h) The conclusions will highlight the most valuable or consistent aspects of the work reported along with those aspects deemed the weakest which require further work or investigations.
- i) The Acknowledgements section is an optional point, reserved for credits to collaborating institutions, financial sources, etc.
- j) In the references, only those quoted in the paper will be included. They must be listed alphabetically by author's last names. In the text, they will be cited by author and year of publication; when there are three or more authors, only the first will be cited and et al. in italics will be used. When the individual author cannot be ascertained, it will not be cited as anonymous but instead, the institution responsible for the work will be named. The references will be made according to the following examples.

Journal papers: Author, year. Title. Journal name. Volume and number in parenthesis and pages. Example:

Dao, T.N. y J.W. van de Lindt. 2008. New nonlinear roof sheathing fastener model for use in finite-element wind load applications. *Journal of Structural Engineering* 134(19):1668-1674.

Book: Author, Year. Title. No. of edition. Publisher, City, Pages. Example: Montgomery, D.C., E.A. Peck y G.G. Vinning. 2005. Introducción al análisis de regresión lineal. 3ª ed. CECSA. México. 588 p.

Book chapter: Author, Year. Title. In: Name of editor. Title of the book. Publisher, City, Pages. Example:

Geissert, D. y A. Ibáñez. 2008. Calidad y ambiente físico-químico de los suelos. In: R.H. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehltreter, eds. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, manejo y conservación. Inecol, INE-Semarnat. México, D.F. p:213-221.

When the institution is the responsible of the publication: Name of the institution. Year. Title. Publisher, City. Pages. Example:

US Forest Products Laboratory. 1953. Hardwood log grades for standard lumber. Rept. D1737. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI. 66p.

- k) The tables must be utilized to present results. The heading will come on top with lower case letters.
- l) The illustrations (pictures, diagrams, graphs, etc.) must be utilized when they contribute to present the information in the clearest way, which must be drawn in blank or gray scale. Photographs in black and white or color with excellent resolution and contrast will be accepted. The illustrations may be drawn with black ink on appropriate translucent paper or with some computer program or spreadsheet. The figures captions shall be written on the bottom and with lower case letters; in the text they will be mentioned as "figure X" or in parenthesis as (Fig. X). Must be presented on tiff format with 300 dpi resolution.
- m) Units. SI system will be used. For details on the SI system, please refer to: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>
- n) Notation. All mathematical symbols must be typed in italics. In manuscripts of certain size, with an abundance of symbols, it is useful to include a list of those utilized, which will be ordered alphabetically, placing the upper case letters first, then upper case letters with subindexes, then lower case letters and lower case letters with subindexes. Finally, Latin and Greek characters. The list must be included as an appendix at the end of the paper.

The manuscripts that do not conform to the format will not be sent to the reviewers. Also, the authors must sign the format of "Confirmation of unpublished manuscript".

All matters related to possible publication of papers should be sent to: Revista **Madera y Bosques** Instituto de Ecología, A.C. • Carr. Ant. a Coatepec No. 351 • El Haya • 91070 Xalapa, Ver. • México • Tel. (228) 842 1800 ext. 6102 and 6106 • e-mail: mabosque@inecol.mx.

FINAL PRESENTATION

The journal's production department requires that all manuscripts accepted be delivered in digital format. The manuscripts should keep the original format of the revised version: paper size, letter font, page numbering, tables and figures. Figures and tables must not be integrated to the text. An additional letter of presentation must accompany the manuscript.

Madera y Bosques

vol. 22 Núm. 1 Primavera 2016

Se terminó de imprimir en el mes de abril de 2016
En los talleres de Fís. Arturo Sánchez y Gándara
Cuapinol 52, Colonia Pedregal de Santo Domingo,
Delegación Coyoacán, C.P. 04369, México, D.F.

La edición consta de 100 ejemplares
más sobrantes para reposición.

C contenido

07

artículos científicos

El uso de los árboles en Jamapa, tradiciones en un territorio deforestado

*Adi Lazos-Ruíz, Patricia Moreno-Casasola, Sergio Guevara S.,
Claudia Gallardo y Eduardo Galante*

17

Desarrollo forestal comunitario sustentable en la región norte de México y su desafío en el contexto de la globalización

*Concepción Luján Álvarez, Jesús Miguel Olivas García,
Hilda Guadalupe González Hernández, Susana Vázquez Álvarez,
José Ciro Hernández Díaz y Humberto Luján Álvarez*

37

Percepciones sobre servicios ambientales y pérdida de humedales arbóreos en la comunidad de Monte Gordo, Veracruz

*José Luis Marín-Muñiz, María E. Hernández Alarcón,
Evodia Silva Rivera y Patricia Moreno-Casasola*

53

Percepción local respecto a la valoración ambiental y pérdida de los recursos forestales en la región Huasteca de San Luis Potosí, México

*Carmelo Peralta-Rivero, M. Guadalupe Galindo-Mendoza,
Carlos Contreras-Servín, Marcos Algara-Siller y
Jean François Mas-Causse*

71

Woody neotropical streetscapes: a case study of tree and shrub species richness and composition in Xalapa

Ina Falfán e Ian MacGregor-Fors

95

Reconstrucción de la precipitación estacional con anillos de crecimiento para la región hidrológica Presidio-San Pedro

Beatriz Díaz-Ramírez, José Villanueva-Díaz y Julián Cerano-Paredes

111

Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México

*Edgar G. Leija-Loredo, Humberto Reyes-Hernández, Oscar Reyes-Pérez,
José L. Flores- Flores y Francisco J. Sahagún-Sánchez*

125

Proceso de deforestación en el municipio de Cherán, Michoacán, México (2006-2012)

María Luisa España-Boquera y Omar Champo-Jiménez

141

Ordenamiento ecológico territorial de Guadalupe Cuauteppec, San Juan Bautista Suchitepec, Oaxaca, desde una perspectiva técnica y comunitaria

Gabriela Álvarez-Olguín, Fidencio Sustaita-Rivera, Gilberto Bautista-Sánchez y Eucebio César Pedro-Santos

155

Vertical variation of density, flexural strength and stiffness of Persian silk wood

Majid Kiaei y Mohammad Farsi

169

Estructura anatómica de la madera de dos encinos de Oaxaca

*Faustino Ruíz-Aquino, Marcos M. González-Peña,
Juan I. Valdez-Hernández y Angélica Romero-Manzanares*

177

Anatomía de la madera de tres especies de *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae) distribuidas en México

*Susana Adriana Montaña-Arias, Sara Lucía Camargo-Ricalde
y Rosaura Grether*

191

artículos de actualidad

El papel de la investigación científica en la creación de las áreas naturales protegidas
Raymundo Dávalos-Sotelo